



普通高中教科书

通用技术

必修

技术与设计 2

人民教育出版社

人民教育出版社

普通高中教科书

通用技术

必修

技术与设计 2

上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会组织编写

人民教育出版社

· 北京 ·

人民教育出版社

总 主 编：褚君浩

副 主 编：朱志勇

本册主编：李亚巍

编写人员：左 晶 石富文 任 娜 李亚巍

张 杰 缪静霞 戴敏亮

责任编辑：谢李杉

美术编辑：胡白珂

普通高中教科书 通用技术 必修 技术与设计2

上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会组织编写

出版发行 人民教育出版社

（北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编：100081）

网 址 <http://www.pep.com.cn>

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分·违者必究

如发现内容质量问题，请登录中小学教材意见反馈平台：jcyjfk.pep.com.cn

声明 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条中有关规定，我们已尽量寻找著作权人支付报酬。

著作权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。

本册教材图片提供信息：

本册教材中的图片由全景网、视觉中国等图片网站提供。

通用技术是一门联系科学规律和技术应用的课程。人类在生产实践和科学实验的过程中，获得了知识，掌握了规律，形成了技术，进而在工程任务中利用技术，提升生产实践和科学实验的水平。实践—认识—再实践—再认识，这样的过程循环反复，人类的科学技术不断提升，社会生产力不断发展。

世界是物质的，物质是运动的。在我们周围充满着物质的多种多样的运动形式，除了常见的机械运动，还有光、声、热、电、磁、分子、原子、基本粒子、生命运动等。人们在观察和研究物质的这些运动形式时，发现了规律，运用规律发明了技术，相应产生了机械技术、光技术、声技术、热技术、电技术、磁技术、分子技术、核技术、生物技术等。这些技术分别或者集成起来在多类工程任务中得以应用，涉及机械工程、土木工程、热力工程、电子工程、光学工程、能源工程、环境工程、生物工程、航空航天工程、海洋工程、地质工程等。典型的工程，包括南浦大桥、世博会的中国馆、虹桥枢纽屋顶上的太阳能发电站、C919大飞机、风云四号等大工程，也包括制造服装、烹饪菜肴、室内装修、三维打印零件等小工程。工程任务完成后制造出各类产品，应用于社会方方面面不同领域，为社会创造财富。从事这些工作的勤奋踏实而富有创新精神的劳动者，成为了基础扎实的工程师和精益求精的工匠，他们是我们学习的楷模。

我国古代人民的发现和发明造就了中国科学技术的辉煌历史，不仅有指南针、造纸术、印刷术、火药等重要发明，还有以都江堰水利工程、传统木建筑的榫卯结构等为代表的水利、天文、建筑、铸造、纺织、陶瓷、冶金、航海等古代科学技术，这些杰出的技术是中国古代科技文明的精粹，对人类文明发展和社会生产力的进步产生了巨大推动作用和深远影响。

技术是人类利用自然规律实现某种功能和目标的一种能力，它的背后是科学规律，它的前面是工程任务。工程任务有明确目标，技术在完成工程任务中实现它的价值。例如，根据牛顿第三定律可以利用作用力的反作用力推进物体，这一原理可以用于火箭工程，再运用万有引力定律，可以发射地球卫星，甚至把嫦娥四号送到月球背面。技术的价值在工程任务中得到充分体现。

把技术应用于工程，就要遵循工程的规范。实现技术的应用，完成一项工程任务，首先要明确这项工程的具体目标，提出完整可行并有创新的设计方案。设计方案又涉及工程目标物的结构、工艺流程、组成系统、设计意图控制等。方案的具体内容要用技术语言和图样表达出来，根据图样来操作加工，最后实现方案，完成工程任务。工程实施过程中的经验和教训，需要同行互相交流；是否完成了预期的目标要求，需要由外部专家和使用者的评价。工程交付后，还要经受时间和应用的评判。

同学们，新时代已经来临！新工业革命正在悄悄向我们走来。如同18世纪以机械化为特征的第一次工业革命、19世纪以电气化为特征的第二次工业革命、20世纪以信息化

为特征的第三次工业革命，21世纪人类将开启以智能化为特征的第四次工业革命。人类总是先在观察或实践中发现规律，在此基础上发明了技术，进而推动技术的应用与发展。人们发现了质能关系，发明核技术；发现了受激辐射规律，发明激光技术；发现了光纤中光传输规律，发明光通信技术；发现了电磁波规律，发明无线通信技术；发现了半导体光跃迁规律，发明半导体照明技术；等等。先进技术为构建人类绚丽文明打下基础。谁掌握了规律，谁发明了技术，谁就获得了主导权。智能制造是新工业革命的重要特征，而通用技术是智能制造的基础课程之一。同学们，机遇和挑战在等待着我们！

通用技术课程必修内容包括“技术与设计1”“技术与设计2”2个模块，它们分别从技术和设计的角度阐述通用技术的一般概念，并通过实践来帮助同学们体验技术与设计的内涵。选择性必修内容包括“技术与生活”“技术与工程”“技术与职业”和“技术与创造”4个系列11个模块。整体框架由图0-1表示。学习这门课程要注重掌握概念和加强实践，尤其要通过动手实践，来培养自己的技术意识、工程思维、创新设计、图样表达和物化能力等核心素养。

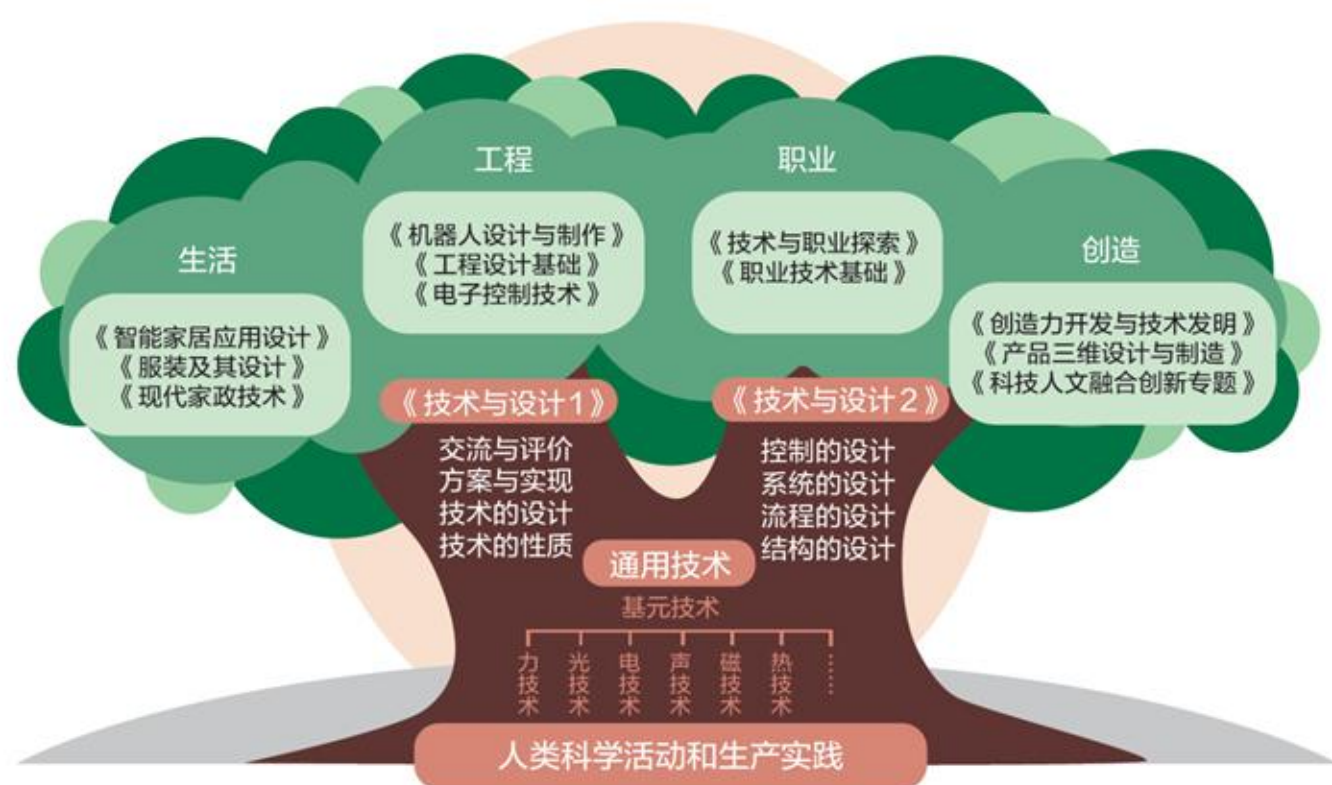


图 0-1 课程内容整体框架

技术的实现要通过“设计”，本分册以“设计”为中心议题。学习本分册后，我们能够理解结构、流程、系统和控制的基本概念和基本原理，能运用基本原理进行基于问题解决的结构设计、流程设计、系统设计、控制设计，形成技术的时空观念、系统观念、工程建模、结构与功能、干扰与反馈等基本思想和方法，能使用常用、规范的技术框图等技术语言构思与表达设计方案，能结合生产和生活的实际，形成和优化设计方案并实施，增强创新意识。

第一章 结构及其设计 1

第1节 结构的认识 2

1.1 结构与组成 2

1.2 结构的分类 5

1.3 结构与力 7

第2节 结构的功能 11

2.1 结构与稳定性 11

2.2 结构与强度 13

2.3 结构与功能 16

第3节 结构的设计 18

3.1 结构设计应考虑的主要因素 18

3.2 结构设计的一般步骤 19

3.3 结构的设计案例 20

第4节 结构的赏析 23

4.1 自然界中结构的赏析 23

4.2 建筑结构的赏析 24

第二章 流程及其设计 29

第1节 流程的认识 30

1.1 流程的含义及特点 30

1.2 流程图的识读和绘制 32

第2节 流程的设计与优化 41

2.1 流程设计的基本思想和方法 41

2.2 流程的优化 43

2.3 流程设计与优化的案例及实践 46

第三章 系统及其设计 55

第1节 系统的认识 56

1.1 系统的概念及基本构成 57

1.2 系统的分类及主要特性 59

1.3 系统的案例 62

第2节 系统分析 67

2.1 系统分析的概念 67

2.2 系统分析的一般过程 68

2.3 系统分析的基本原则 71

第3节 系统的优化和设计 76

3.1 系统的优化 76

3.2 系统的设计 80

3.3 系统的设计实践 82

第四章 控制及其设计 89

第1节 控制和控制系统的认识 90

1.1 控制和控制系统的含义 91

1.2 控制的方法 92

1.3 控制的应用 95

第2节 控制系统的组成和工作过程 97

2.1 控制系统的表达 97

2.2 控制系统的基本组成与工作过程 99

2.3 控制系统的干扰 101

第3节 控制系统的设计和实践 104

3.1 控制系统设计的一般过程 104

3.2 控制系统的设计案例 105

第一章 结构及其设计

我们平时所接触的很多事物都有结构，并且事物的内部往往存在各种各样的结构，如房屋屋顶的结构、桥梁的结构、大坝的结构等。

在本章中，同学们将通过对框架结构、壳体结构、实心结构等三种典型结构的学习和受力分析，培养技术意识和工程思维；通过对人字梯模型的设计和制作，培养图样表达和物化能力；通过对自然结构和建筑结构的赏析和结构设计一般步骤的了解，培养创新设计的能力。

第1节 结构的认识

第2节 结构的功能

第3节 结构的设计

第4节 结构的赏析



第 1 节 结构的认识



学习目标

1. 从力学角度理解结构对技术产品及其功能实现的价值。
2. 了解结构的一般分类，并能进行简单结构的受力分析。

在我们的日常生活中，常见的人字梯（图1-1）、鸡蛋壳（图1-2）、雕像基座（图1-3）等物体的结构有什么特点呢？我们能否从力学的角度对这些物体的结构进行简单的受力分析呢？能否说出这些结构对其功能实现的独特价值呢？



图1-1 人字梯



图1-2 鸡蛋壳



图1-3 雕像基座

1.1 结构与组成

结构是指物体各个组成部分之间的空间搭配和排列，不同的结构具有不同的功能。从力学角度来看，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。



案例

人 字 梯

人字梯也称折梯，因其使用时，前后的梯梁看起来像一个“人”字，人们把它形象地称为“人字梯”，又因为梯梁及地面构成一个等腰三角形，也有人把它形象地称为“A字梯”。人字梯是人们常用于临时登高操作的工具。

为了使用上的安全，设计师非常重视人字梯在力学结构方面的设计。人字梯的踏板与梯梁间一般采用比较牢固的连接方式，梯梁和踏板一般都会选择强度比较高的材料。两梯面之间设有安全撑杆或安全拉绳（图 1-4），梯脚采用合成橡胶制作以增加与地面之间的摩擦力。当人站在踏板上时，踏板受到的压力分解传递到梯梁上，从而使整个人字梯承受人的重量。



图 1-4 人字梯的结构

人字梯的结构是指踏板与梯梁等组成部分之间的空间搭配和排列，是一种能承受一定力的架构形态，可以抵抗人们用它登高操作时引起形状和大小改变的力。

讨论 & 交流

找一个登高用的梯子，仔细观察其结构，分析讨论其各部分的作用。

案例

蛋壳

试验

同学们都吃过鸡蛋吧！大家都知道它的外壳就是薄薄的一层壳。但是我们握住一个鸡蛋使劲地捏（图 1-5），结果会怎样呢？请根据试验结果填写表 1-1。

表 1-1 蛋壳小试验结果分析表

试验结果	鸡蛋完好	鸡蛋破碎
分析原因		



图 1-5 蛋壳小试验

提示：试验时手心和手指应该均匀接触蛋壳表面。

试验发现：当我们用手均匀地接触蛋壳表面时，使劲地捏鸡蛋，并不容易把鸡蛋捏碎。

科学家经过研究发现，薄薄的蛋壳之所以能承受较大的压力，是因为它能够通过拱形面把受到的压力均匀地分散到蛋壳的各个部分。

蛋壳拱形面的曲面结构也是一种能承受一定力的架构形态，可以抵抗外界对鸡蛋作用时引起形状和大小改变的力。

讨论 & 交流

在日常生活中，哪些产品应用了蛋壳结构原理？

案例



图1-6 桥墩

如图1-6所示，很多建筑都坐落在基座上，如雕塑、桥梁、古代的宫殿等。这些基座通常由石头、混凝土等材料做成实心的结构。基座上方建筑物的重量由基座整体承担。

基座各个部分之间所构成的实心结构，也是一种能承受一定力的架构形态，可以抵抗外界作用时引起形状和大小改变的力。

讨论 & 交流

对比生活中由相同或相近材质构成的空心 and 实心结构的物体，讨论它们在抵抗外界作用力上效果的差异。

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特性。一个较复杂的结构由许多不同的部分组成，这些组成部分通常称为构件，如人字梯是由踏板、梯梁和撑杆等构件组成的。

建筑物是建筑材料按一定规则组成的受力骨架体系，其中有些部分，如梁、柱、框架等，相互联结成一个整体，起着支撑荷载并将其传递到基础的作用，这一骨架体系常被称为土木工程结构。



课外实践

实践目的

探索蛋壳抵抗外界作用力的情况。

实践准备

鸡蛋壳；圆珠笔。

实践过程

1. 把两个蛋壳放在桌面上，一个拱形面朝上，另一个凹陷面朝上。
2. 用一只手固定蛋壳的位置，另一只手捏住圆珠笔的尾部，使笔尖朝下。将圆珠笔举到一定的高度后，让其自由下落，使笔尖分别碰撞两个蛋壳，观察在相同的下落高度下，同一支圆珠笔对两个蛋壳的破坏程度。
3. 不断增加圆珠笔下落高度，观察对两种摆放方式的蛋壳的破坏程度。可以用表1-2，表1-3记录试验的情况。根据试验结果判断拱形曲面对哪个方向的外界作用力的抵抗更有效。

表1-2 蛋壳拱形面朝上时，圆珠笔对蛋壳的破坏程度

试验次数	圆珠笔下落高度	蛋壳破坏程度
1	10 cm	
2	20 cm	
3	30 cm	
.....		

表1-3 蛋壳凹陷面朝上时，圆珠笔对蛋壳的破坏程度

试验次数	圆珠笔下落高度	蛋壳破坏程度
1	10 cm	
2	20 cm	
3	30 cm	
.....		

1.2 结构的分类

结构的分类多种多样，本书介绍的力学结构一般可以分为框架结构、壳体结构和实心结构三类。

一、框架结构

框架结构以刚性的杆件作为组成结构的基本单元，杆件的基本特征是它的长度远大于其他两个尺寸——截面的宽度和高度，杆件按一定的规律在空间排布，支撑具有一定质量的物体。

框架结构的种类很多，不仅用于日常生活中，也常用于桥梁工程和航空工业中，它使用的材料可以是木材、金属和塑料制品等。如上面讲到的人字梯、图1-7所示的空调的室外机支架、图1-8所示的上海外白渡桥等都是典型的框架结构。



图1-7 空调的室外机支架



图1-8 上海外白渡桥

二、壳体结构

壳体结构是由若干块薄板组成的板的厚度远小于其他两个尺寸的结构，可以做成具有曲面轮廓的外形，造型轻巧而优雅。壳体结构利用了蛋壳结构原理，其拱形曲面可以均匀分散外力的作用，使结构更加坚固。

建筑学家模仿蛋壳结构进行了壳体建筑设计。这类建筑有许多优点，如用料少、跨度大、坚固耐用等。悉尼歌剧院（图1-9）、国家大剧院（图1-10）等由于采用壳体结构屋顶，大大减轻了屋顶的重量，减少了场地中间的立柱数量，满足了使用要求。



图1-9 悉尼歌剧院



图1-10 国家大剧院

三、实心结构

实心结构通常是指结构体本身是实心的结构，如前面讲到的桥墩，以及城墙（图1-11）、锤子（图1-12）的锤头等。



图1-11 城墙



图1-12 锤子

1.3 结构与力

一、力与形变

一个设计合理的结构应该能承受外界一定大小范围内的作用力，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。

我们知道，当受到外力作用时，物体就会发生形变。那么，物体形变的具体形式和它受到的力之间有怎样的对应关系呢？



设计 & 操作

实践目的

通过操作，了解作用在构件上的力所产生的形变效果。

实践准备

如图1-13（a）所示，取一根直径2 cm，长10 cm左右的弹性硅胶棒，将硅胶棒看成是组成结构的构件。

实践过程

1. 用两手抓住硅胶棒两端，如图1-13（b）箭头所示向外拉伸，观察硅胶棒因受力产生的变形。

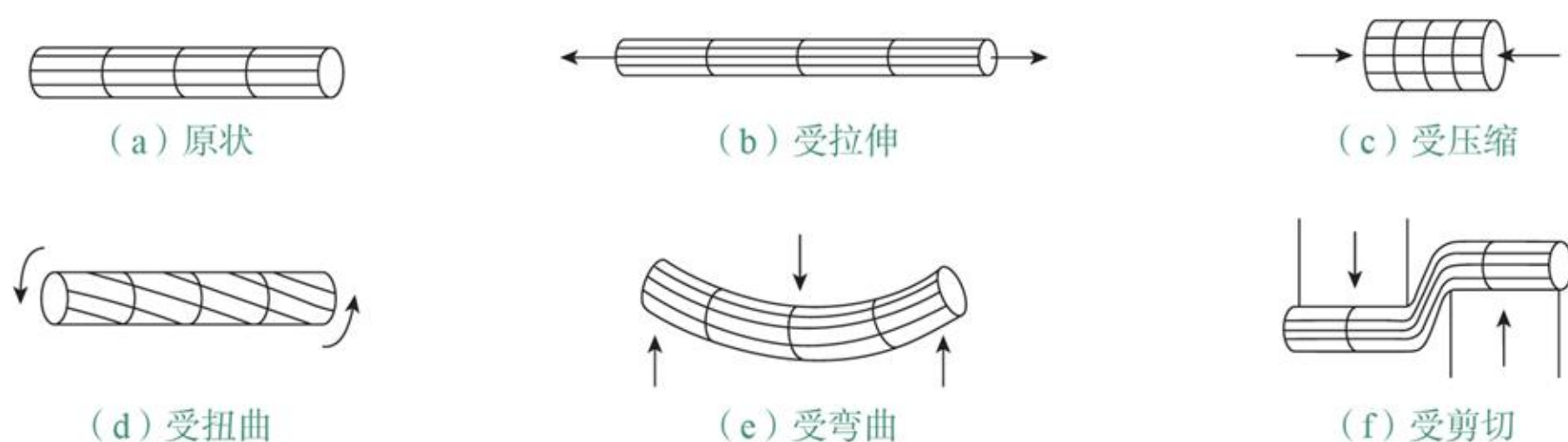


图1-13 构件受力变形的探究

2. 用两手抓住硅胶棒两端，如图1-13 (c) 箭头所示向内挤压，观察硅胶棒因受力产生的变形。
3. 用两手抓住硅胶棒两端，如图1-13 (d) 箭头所示分别向不同的方向旋转，观察硅胶棒因受力产生的变形。
4. 将硅胶棒两端垫高中部悬空，如图1-13 (e) 箭头所示，用手指在硅胶棒中部向下用力，观察硅胶棒因受力产生的变形。
5. 用两手握住硅胶棒，如图1-13 (f) 箭头所示，两手分别向相反的方向平行用力，观察硅胶棒因受力产生的变形。

实践总结

1. 硅胶棒两端受到向外拉伸的力时，产生了拉伸形变。
2. 硅胶棒两端受到向内挤压的力时，产生了压缩形变。
3. 硅胶棒两端受到分别向不同的方向旋转的力时，产生了扭曲形变。
4. 将硅胶棒两端垫高中部悬空，用手指在硅胶棒中部向下用力时，硅胶棒产生了弯曲形变。
5. 用两手握住硅胶棒，两手分别向相反的方向平行用力时，硅胶棒产生了剪切形变。

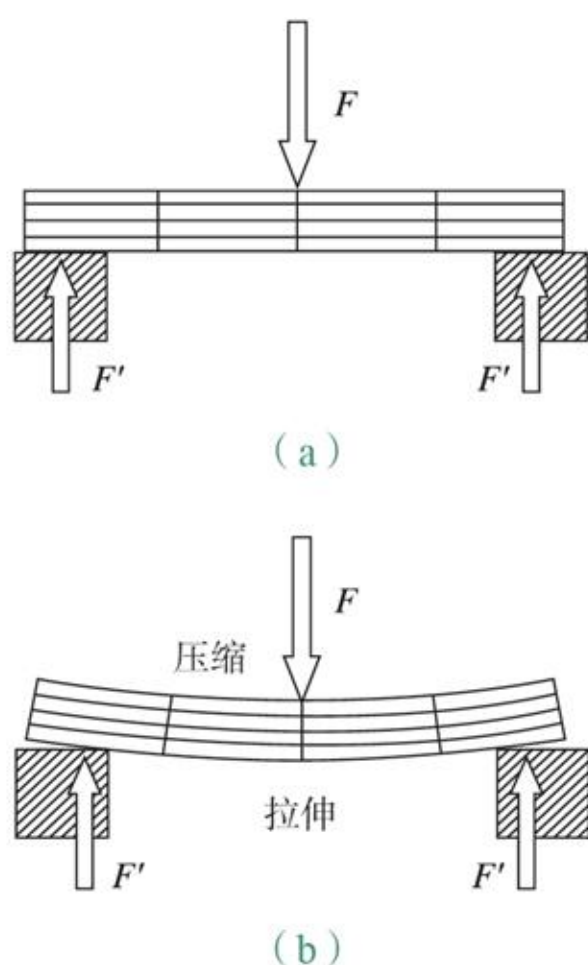


图1-14 梁的受力与形变示意图

通过上面的试验可以知道，当物体受到不同的力的作用时，会产生拉伸、压缩、扭曲、弯曲和剪切等不同形式的形变。

一般情况下，结构构件可能会同时受到多个力的作用，此时该结构构件的形变可能包含多种形式。

二、几种典型结构的受力与形变

1. 梁的受力与形变

当横梁中部受到如图1-14 (a) 所示的压力 F 时，梁的两端受到支撑物对它的力 F' ，整根梁将产生弯曲形变，这导致梁内上部产生压缩形变，下部产生拉伸形变，如图1-14 (b) 所示。

讨论 & 交流

跳板跳水是竞技跳水项目的一种，我国运动员在该项目上多次荣获世界冠军。跳水用的跳板由具有一定弹性的材料制成，一端固定，运动员在另一端，借助跳板形变产生的弹性力起跳，之后在空中做出不同动作，如图1-15所示。

请对跳板产生不同形变时的力进行讨论，分析相应的受力与形变情况。



图1-15 跳板跳水示意图

2. 三角形桁架的受力与形变

如图1-16所示，当三角形桁架上部受到压力时，压力会通过杆件传递给整个桁架，此时上部倾斜的杆件要产生压缩形变，底部的杆件产生拉伸形变（图1-16（b）中实线为受力前情况，虚线为受力后情况）。

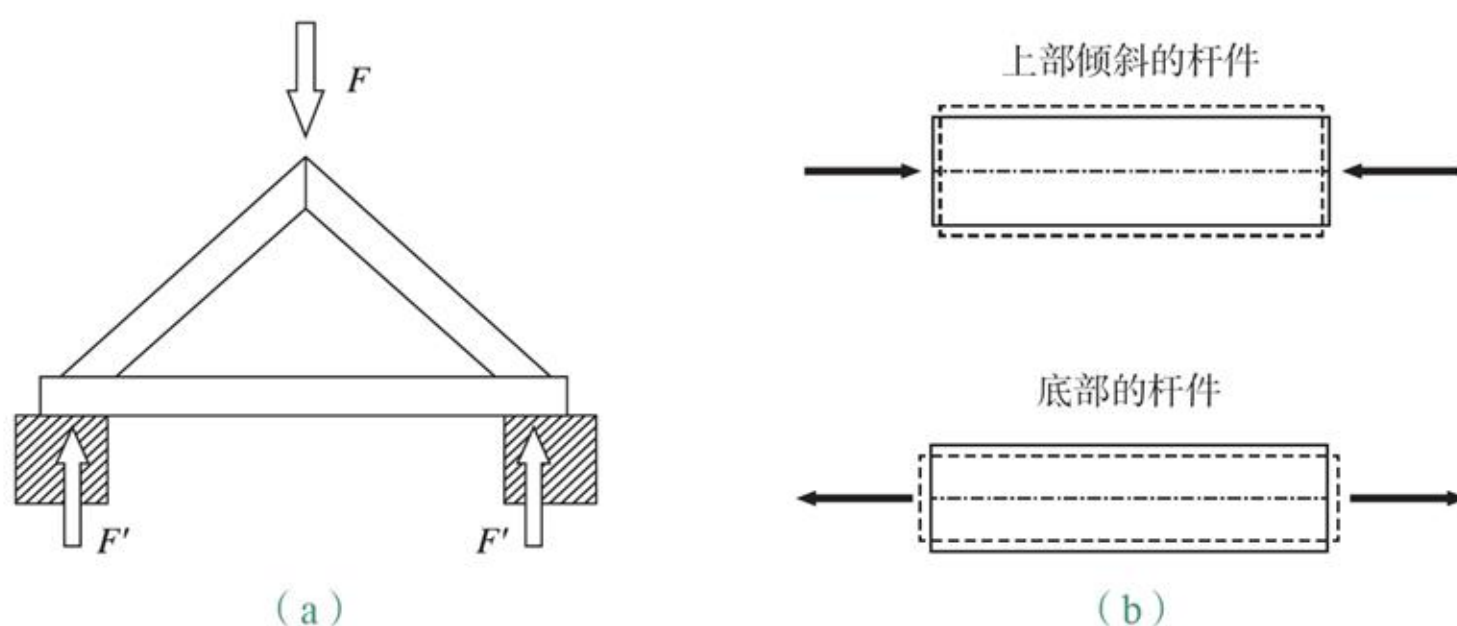


图1-16 三角形桁架受力与形变示意图

讨论 & 交流

请对图1-7 中空调室外机支架的受力和形变进行分析，并讨论如果三角形桁架受到如图1-17所示的拉力 F ，各部分会产生什么样的形变。

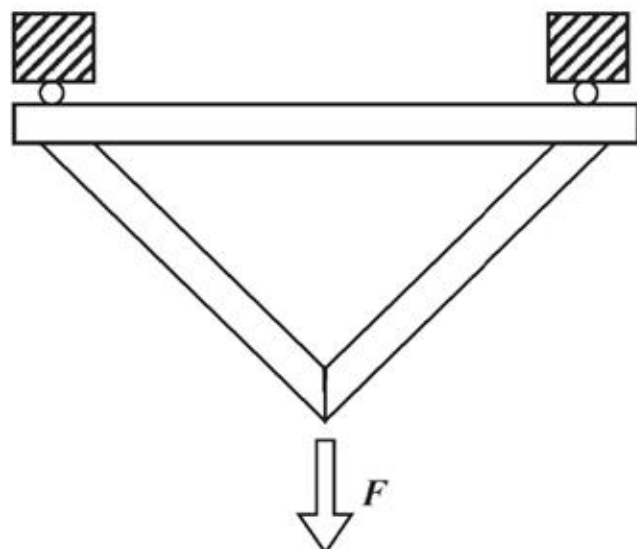


图1-17 三角形桁架受拉力示意图

3. 弧形拱的受力与形变

如图1-18所示，当弧形拱受到压力的时候，拱要产生一定的压缩形变，整个拱的各部分相互挤压，把原本作用在拱上的弯曲力转变成了拱内的压力，整个拱对基座除产生竖直压力之外，还产生水平推力。

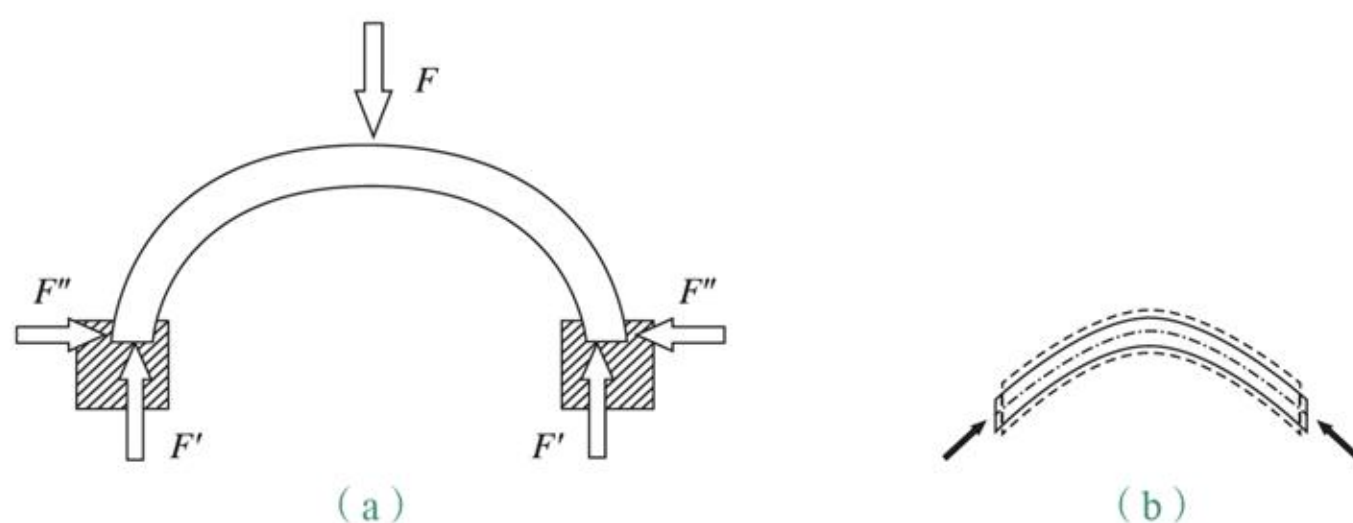


图1-18 弧形拱的受力与形变示意图

讨论 & 交流

请对图1-19中石拱桥A、B、C、D四处石块的受力和形变进行分析，并与同学们讨论交流。



图1-19 石拱桥

思考 & 练习

你在生活中还见过哪些框架结构、壳体结构和实心结构的实例，这些实例中的物体可否采用其他结构？试对它们的受力和形变进行分析。

第2节 结构的功能

学习目标

1. 了解结构的稳定性和结构的强度。
2. 了解结构的变化对功能的影响。
3. 通过技术试验或技术探究，分析影响结构的强度和稳定性的因素，并写出试验报告。

人字梯（图1-20）、照相机三脚架（图1-21）、落地电风扇（图1-22）等都是我们日常生活中经常使用的工具，这些工具在力学结构方面有什么特点呢？根据什么来分析、判断这些工具能否满足我们的使用要求呢？



图1-20 人字梯



图1-21 照相机三脚架



图1-22 落地电风扇

2.1 结构与稳定性

一、结构的稳定性

结构在荷载（力学中外力又被称为荷载）的作用下维持其原有的平衡状态的能力，叫作结构的稳定性，是结构的重要性质之一，稳定性好的物体不容易翻倒或移动。

二、影响结构稳定性的主要因素

重心的高低和支撑面的面积大小对结构的稳定性有影响。

落地电风扇（图1-23）的底座一般具有较大的质量，这是因为落地电风扇高度较高，增大底座的质量，可以使电风扇整体重心下移，让电风扇在工作时能更好地保持平衡，避免扇面在风的反作用力作用下来回摇动而造成翻倒等危险。另外，在空间条件



图1-23 落地电风扇
重心与支撑面示意图

允许的情况下，落地电风扇底座的占地面积要尽可能大。这样支撑面越大，重心越低，其稳定性越好。除了上述因素，落地电风扇底座的设计还要考虑搬运的便利性、美观等其他因素。

讨论 & 交流

观察如图 1-24 所示的医院输液瓶支架，讨论它的结构和落地电风扇结构的异同点。生活中还有哪些通过降低重心和增大支撑面提升稳定性的实例？

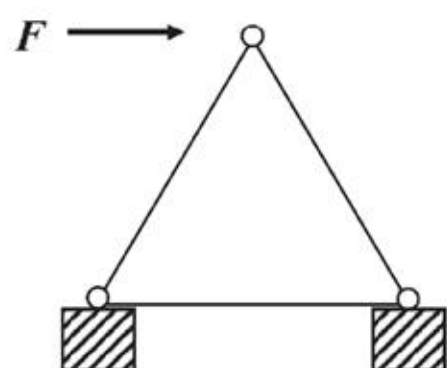


图 1-24 医院输液瓶支架

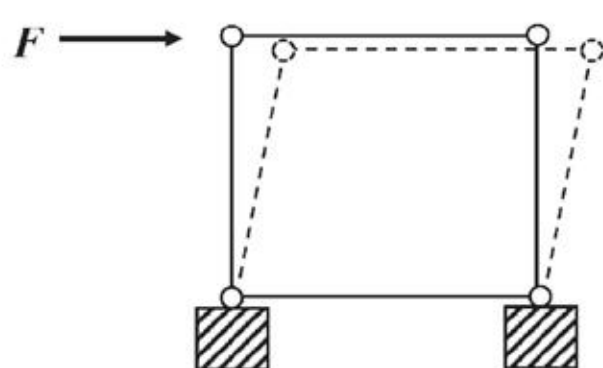
三角形结构在受到荷载的作用后，其几何形状可以保持不变（称为几何不变体系），而四边形结构在荷载的作用下很容易产生形状的改变（称为几何可变体系），如图 1-25 所示。结构的形状对其稳定性有影响。



图 1-26 人字梯形状与支撑面示意图



(a) 三角形几何不变体系



(b) 四边形几何可变体系

图 1-25 结构的形状与稳定性

如图 1-26 所示，当人字梯打开时，两梯面与撑杆、两梯面与地面均构成了三角形，利用了三角形几何结构的稳定性，同时形成了较大的支撑面，使梯子能站得稳，不易在荷载作用下翻倒或移动。

讨论 & 交流

讨论如图1-27所示的屋顶三角形桁架的作用。生活中还有哪些利用三角形结构提升稳定性的实例？



图 1-27 屋顶三角形桁架

结构重心投影的位置对其稳定性有影响。

如图1-28所示，照相机三脚架的任意两个脚和地面之间构成了稳定的三角形，而且三个脚不在同一条直线上，是一个三角形的各个顶点，也构成了一个稳定的三角形支撑面。照相机重心的投影落在这个三角形支撑面内，使三脚架上的照相机能稳当地固定在这个平面上方，不易晃动，提升拍摄效果。

讨论 & 交流

对不倒翁玩具为什么能够“不倒”进行讨论。

结构的稳定性与它的重心位置、支撑面积和几何形状密切相关。工程师在进行结构设计时，要尽可能地使目标物的质量集中在底部，降低结构的重心，并使重心的投影落在支撑面范围内，从而提高结构的稳定性。



图 1-28 照相机三脚架结构与重心投影示意图

2.2 结构与强度

一、结构的强度

结构的强度是指结构具有的抵抗外力破坏的能力。当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，产生抵抗外力与形变的力，使结构抵抗外力的破坏。

二、影响结构强度的主要因素

结构的强度与结构的形状、使用的材料、构件之间的连接方式等因素有密切的关系。

1. 结构的形状与强度

三角形是框架结构中最基本的形状之一，它结实、稳定，所用材料少。在长方形或六边形的框架中间，加上支撑构件，构成多个三角形，就可以大大增加结构的强度。

钻石有很高的硬度，就是因为它的分子结构为四面体，每个四面体都有四个角、四个面和六条边，每一个面都是三角形，如图1-29所示。

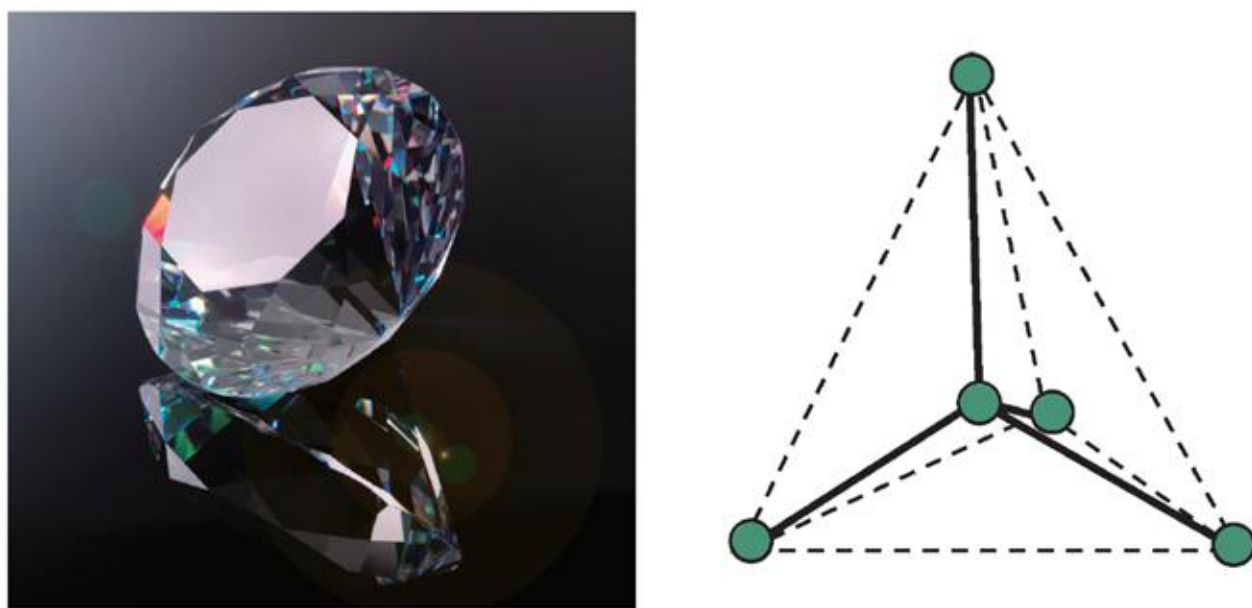


图1-29 钻石和四面体结构示意图

不同梁或框架的构件的横截面形状各种各样，有工字形、口字形、环形、方形和圆形（图1-30）等。不同横截面形状的构件承受力的能力是不一样的。

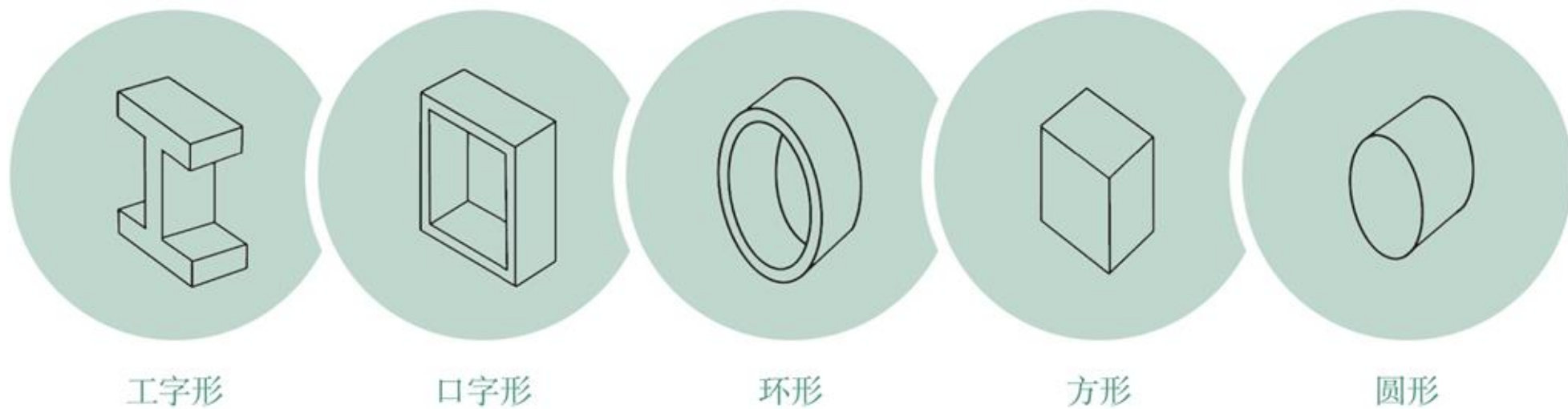


图1-30 构件的横截面形状



设计 & 操作

实践目的

设计一个试验，用于考察横截面为不同形状的构件在受到外力时的形变情况。

实践准备

A4 纸或瓦楞纸；砝码或弹簧秤。

实践过程

1. 设计试验方案，思考如何获得不同横截面形状的构件，如何获得不同构件形变和外力之间的关系。
2. 按照方案进行试验，记录结果并写出试验报告。
3. 讨论在相同外力下，不同横截面形状的构件的形变情况。

2. 使用的材料与强度

用不同的材料制成相同形状的桌子或者椅子，其强度是不相同的。这是由于不同材料在相同外力作用下，其拉伸、压缩、剪切等各种形变的程度也不一样。因此不同材料构成的结构，其强度各不相同。在生产和生活中，通常会根据用途选择合适的材料，甚至采用由多种材料构成的复合材料来满足需求。例如，混凝土具有较好的抗压性，但抗拉性比较差，因此在制作混凝土梁的时候，通常在混凝土中加入钢筋，借助钢材优秀的抗拉性提升整个梁的强度。图 1-31 是钢筋混凝土梁的示意图。

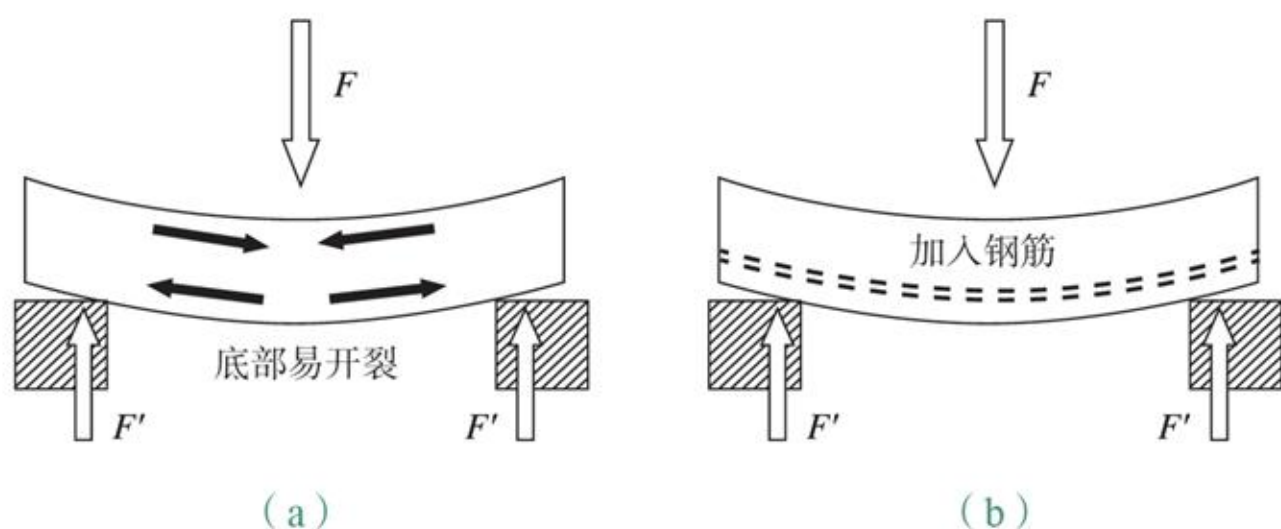


图 1-31 钢筋混凝土梁示意图

3. 构件之间的连接方式与强度

结构是由若干个构件通过不同的连接方式组合而成的。连接的方式可以直接影响结构的强度。连接方式多种多样，若按构件之间能否移动及转动来分类，可分为以下两类。

- (1) 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，如门与门框的连接（图1-32）等。

（2）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，如安全桩与地面的螺栓连接（图1-33）等。



图1-32 门与门框的连接



图1-33 安全桩与地面的螺栓连接

讨论 & 交流

1. 观察教室里不同物体的连接，并讨论交流它们是什么连接方式。
2. 列举生活中铰连接和刚连接的实例。

2.3 结构与功能

物体的结构影响其功能，结构的变化可能会使物体的功能得以增强，从而使物体可以用在不同的环境中。

以某种多功能梯（图1-34）为例，人们可以对其结构进行局部调整，使它适用于不同的环境。



（a）作人字梯使用



（b）作直梯使用



（c）在不平的地方使用

图1-34 多功能梯



设计 & 操作

实践目的

通过多功能人字梯模型了解结构与功能、使用环境的关系。

实践准备

多功能人字梯模型，如图 1-35 所示。

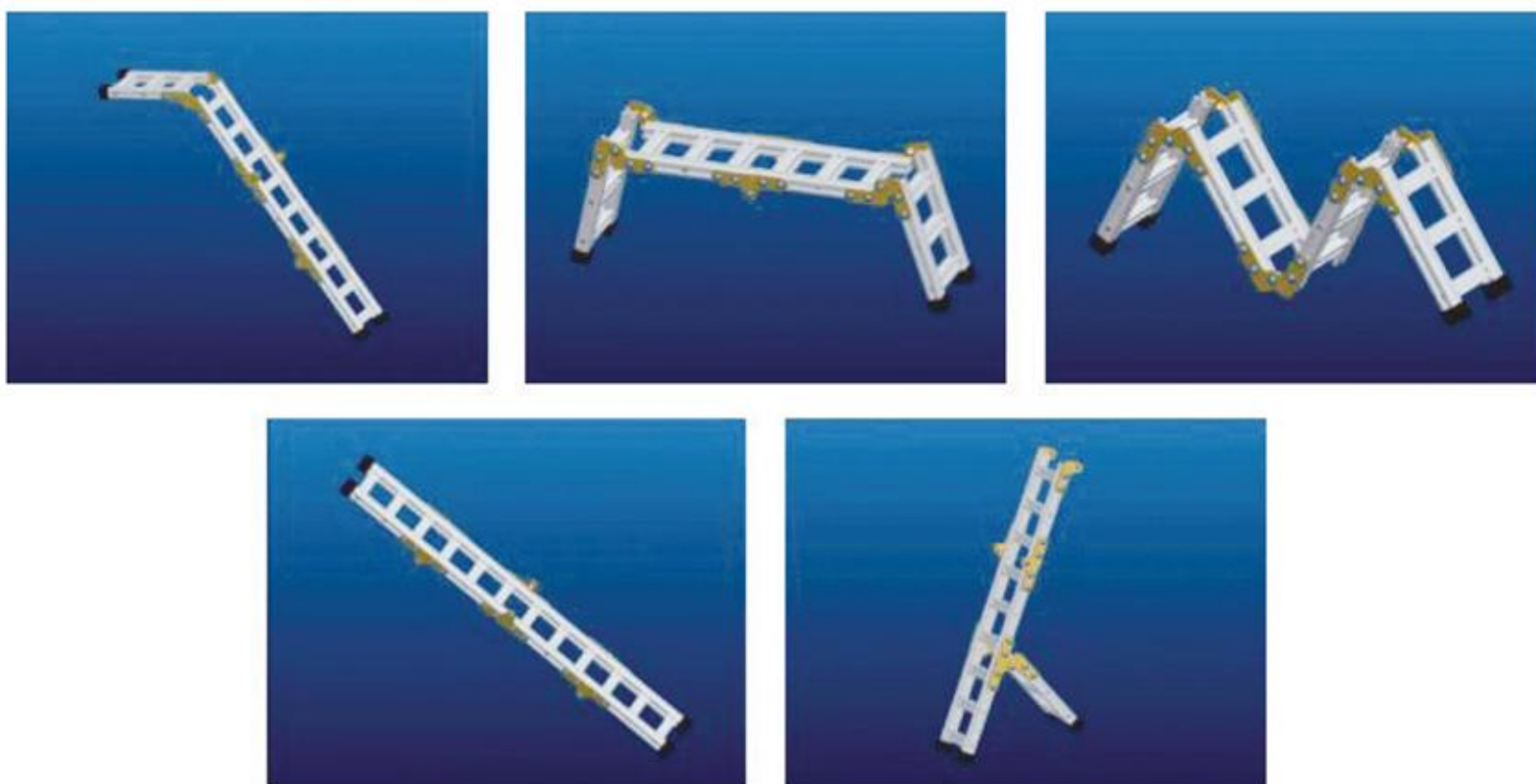


图 1-35 多功能人字梯模型变形图

实践过程

1. 分析讨论多功能人字梯模型的结构类型。
2. 观察分析多功能人字梯模型构件的材料。
3. 观察分析多功能人字梯模型构件之间的连接方式。
4. 动手操作，思考多功能人字梯模型如何实现不同的功能。
5. 分析讨论如何安全使用多功能人字梯。

实践总结

1. 多功能人字梯模型属于之前学过的哪种结构？
2. 多功能人字梯模型构件之间使用了哪些连接方式？
3. 结合图 1-35，分析多功能人字梯具有哪些功能，并举例说明在不同场合的应用。



思考 & 练习

观察集装箱（图 1-36）表面的形状，并思考这样设计的好处。



图 1-36 集装箱

第3节 结构的设计



学习目标

1. 了解结构设计应考虑的主要因素。
2. 掌握结构设计的一般步骤。
3. 结合生活中的实际需求进行简单的结构设计，学会绘制设计图样，做出模型或原型。

结构设计对于各种各样的生产活动和我们的日常生活都非常重要。你能根据生产活动或日常生活的需要，选择一个工具进行结构设计，使其在结构安全性、耐久性、功能性等方面得到大家的认可吗？

3.1 结构设计应考虑的主要因素

人们设计结构是为了完成某种任务或满足特定的需要。例如，桥梁的作用是跨越一定的障碍物，使人们可以通过桥梁越过河流等障碍，这就必然对桥梁的跨度、所能承受的重量有一定的要求。因此，在进行结构设计时，必须明确设计的目标和要求，必须抓住主要因素展开工作。

在进行工具的结构设计时，首先要考虑功能性，即该结构能够具有使用者所需要的功能，与此同时，还要考虑安全因素，使设计对象满足稳定性、强度等方面的要求。一些常用工具的设计都有相应的国家标准和规范要求。例如，人字梯的结构设计，首先应以登高为设计目标，即满足使用者登高的需要，同时人字梯的踏板尺寸、连接方式、材质等各方面都要符合国家标准，以确保其安全性。在进行结构设计时，还要考虑设计对象的生产成本和使用寿命等因素。此外，还可以根据公众或使用者的审美需求进行个性化设计。

工程的结构设计应考虑结构的安全性、适用性和耐久性。不仅要考虑结构的稳定性和强度，使结构在规定的条件下和规定的使用期限内，能实现一定的功能，还要考虑经济因素，如做到用料省、成本低等。

讨论 & 交流

图1-37~图1-39为生活中常见的一些坐凳，请从结构设计的角度进行讨论，分析这些坐凳的特点。



图1-37 木凳



图1-38 石凳



图1-39 陶瓷凳

3.2 结构设计的一般步骤

设计一般由设计的过程、设计的交流和设计的评价三部分构成，如图1-40所示。设计的过程一般经历如图1-41所示的若干环节。结构设计属于设计的一种类型，它必须遵循设计的一般方法和过程。

结构设计需要从实用、安全、经济、美观和人性化等角度进行综合考虑，明确设计目标和要求。制订结构设计的方案时，不但要考虑需要实现的功能，还要考虑稳定性、强度等方面的要求，分析结构的受力情况，根据需要来选择材料、连接方式等，并通过绘制图纸等方式对方案进行基本的描述。

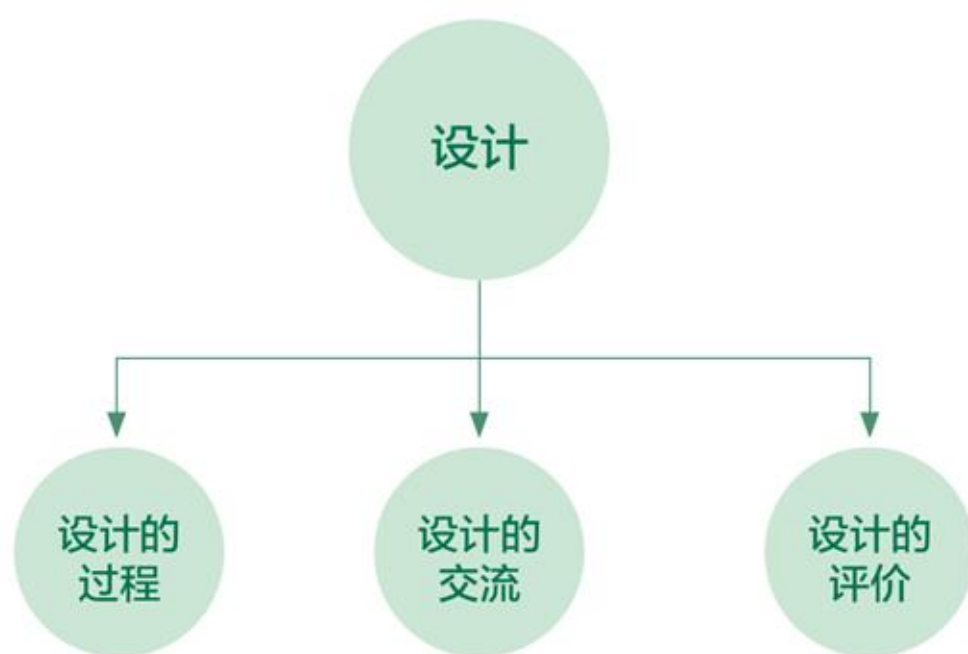


图1-40 设计的构成

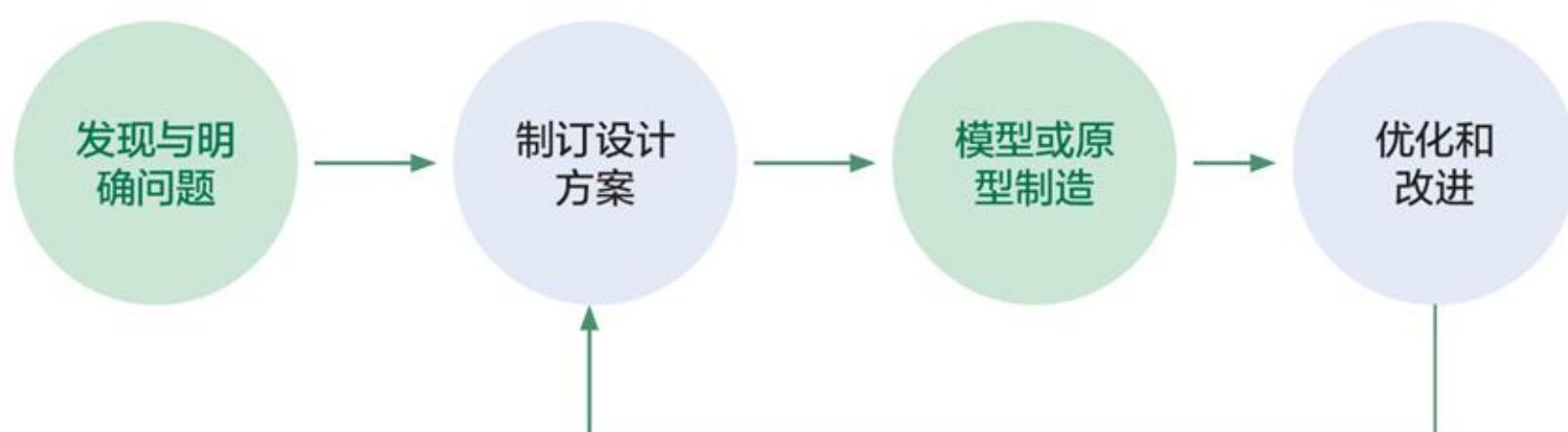


图1-41 设计的一般过程

3.3 结构的设计案例

人字梯模型的设计

1. 明确设计目标及要求

(1) 设计目标及要求。

① 结构体系合理，造型美观，表现出足够的科学性和新颖性。

② 人字梯模型的结构高度不小于20 cm，踏板不少于5个，踏板宽度不小于4 cm。在模型顶部放置质量不小于5 kg的重物，模型在15 s时间内不会出现构件撕裂、断裂、脱胶和垮塌现象。

③ 在满足目标及要求的前提下，承受重物的质量与人字梯模型的自身质量的比值越大越好，模型自重不超过20 kg。

(2) 材料。

模型材料：纸板、轻木或桐木。

黏合剂：白胶、502胶或热熔胶。

2. 形成初步设计方案

(1) 收集和整理信息。

在进行人字梯模型的设计之前，应对有关人字梯的信息进行整理和分析。通过本章的学习我们已经对人字梯有了一定的了解，同学们可以进一步收集有关人字梯的资料，方便设计时参考。

(2) 发现问题。

前面我们学习过，不同材料构成的结构，其强度各不相同；同一材料不同横截面形状的构件所能承受力的程度是不一样的；同一材料在横截面积不变的情况下，长度越长越容易弯曲变形。为了避免人字梯在重物的作用下过度弯曲变形，应该综合考虑梯梁与踏板的材料、材型和长度。

(3) 梯梁与踏板的材型选择。

进行选择前要了解各种材料的强度的特点和不同横截面形状的构件所能承受力的程度，并进行简单的受力分析。可以通过小组讨论的形式，综合小组成员的意见，形成本小组的设计方案。

(4) 绘制草图。

运用《技术与设计1》中学到的知识，将本小组的人字梯模型的结构设计绘制成图纸。

3. 模型制作

人字梯模型制作过程主要包括如下环节。

- ① 根据设计方案制作加工所需的构件。
- ② 将构件合成人字梯模型。

4. 检测、优化和改进设计

(1) 试验检测。

设计人字梯模型设计和制作的评定标准，以便按同一标准对人字梯模型进行评定。评定标准可参考表1-4所列数据制定。

表1-4 人字梯模型评定表示例

评定项目		评定标准	得分
I. 设计方案评估	I-1. 材料的选择	能在比较分析的基础上，选择某种材料进行制作	10分/5分/0分
	I-2. 结构的设计	能在结构设计方面表现出足够的科学性和新颖性	10分/5分/0分
	I-3. 人字梯模型的制作	能以创新的方式、严谨的方法，进行人字梯模型的制作	10分/5分/0分
	I-4. 结构的改进	能利用科学的方法对人字梯模型进行优化和改进	10分/5分/0分
	I-5. 设计图	设计图的绘制符合规范	20分/10分/0分
II. 人字梯模型承重测试 组别： ☐ 纸 ☐ 木	II-1. 规格检测	下列项目都符合标准方能参加测试： ☐ 尺寸 ☐ 梯高 ☐ 踏板宽度	—
	II-2. 承重测试	自重：() kg 承重：() kg 承重测试原始分=承重(kg)/自重(kg) 将本组别最高的承重测试原始分设定为100分，组别内其余成绩以此进行百分化，得到人字梯承重测试得分	分
总分		总分=评定项目 I 得分+评定项目 II 得分	分

(2) 优化和改进设计。

基于检测和评定的结果，应对设计方案进行改进。改进可以从以下方面进行：针对检测出现的问题进行改进；尝试一些新的创意，

优化和完善结构设计；对外观设计进行改进。

（3）比较各组的人字梯模型，列出它们各自的优点和缺点，填写人字梯模型优缺点评价表（表1-5）。

表1-5 各组人字梯模型优缺点评价表

分组	优点	缺点
模型1		
模型2		
模型3		
模型4		
.....		

 思考 & 练习

请根据所学的方法，完成过街天桥的模型设计和制作。

第4节 结构的赏析

◎ 学习目标

1. 了解经典的自然结构和建筑结构案例。
2. 学会从技术和文化的角度赏析经典结构案例。

自然界有千奇百怪的力学结构，你能从生存和进化的角度说出其中的奥秘吗？古今中外有很多优秀的建筑，你能从技术和文化的角度阐述这些建筑的设计思想吗？

4.1 自然界中结构的赏析

一、长寿的乌龟

乌龟的龟壳（图1-42）是典型的壳体结构，虽然不同龟类的龟壳的形状和造型不完全一致，但也有共同点，如都呈拱形。

在适应环境的进化中，龟壳的保护作用越来越完善。研究发现，在静止状态下，龟壳内部在外力作用下产生的应力在龟壳整体结构中的分布非常合理。

龟壳和蛋壳都属于我们前面学习过的壳体结构，在这些自然界壳体结构的启发下，设计师们设计出了建筑工地上用的安全帽（图1-43）、赛车运动员的头盔等安全装备，以及一些优秀的建筑，如国家大剧院（图1-10）等。



图1-42 龟壳

二、精巧的蜂窝

蜜蜂的蜂窝（图1-44）构造非常精巧，适用而且节省材料。

蜂窝由无数个大小相同的蜂房组成，蜂房都是六角柱体，这种结构既适合蜜蜂近似圆柱体的身体，又有较高的空间利用率，同时用料也少。每个蜂房都被其他蜂房包围，两个蜂房之间只隔着一堵蜂蜡制成的墙。



图1-43 安全帽



图 1-44 蜜蜂的蜂窝

蜜蜂能建筑这种精巧的蜂窝是长时间进化的结果，因此其结构和功能才能达到如此完美的程度。

蜂窝的结构给工程师们很大的启示。人们在设计一些强度高、重量轻，还能隔音和隔热的工程结构时，往往采用蜂窝结构。例如，航天飞机、宇宙飞船等航天器需要具备上述这些性能，它们的内部大量地采用了蜂窝结构。因此，这些航天器又被称为蜂窝式航天器。



讨论 & 交流

自然界还有很多有趣的结构。例如，蜘蛛网可以呈现一定的几何构型；有些蝴蝶的翅膀由一些微小的结构组成，使它可以呈现彩色（这被称为结构色）。请就上述蜘蛛网和蝴蝶翅膀的例子进行实地观察和资料调研，讨论结构在上述例子中所起的作用。

4.2 建筑结构的赏析

一、坚实的葛洲坝

葛洲坝水利枢纽（图 1-45）位于湖北省宜昌市境内长江三峡的西陵峡出口南津关下游 2.3 km 处，是长江干流上的第一座大型水利枢纽。葛洲坝水利枢纽全长约 2 600 m，高 70 m，工程共开挖回填土石方约 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，浇筑混凝土约 $1 \times 10^7 \text{ m}^3$ ，安装金属结构约 $7 \times 10^7 \text{ kg}$ 。葛洲坝是典型的实体结构。



图 1-45 葛洲坝水利枢纽

葛洲坝水利枢纽是三峡水利枢纽的反调节工程，其作用为调节三峡工程下泄的不恒定流，抬高水位，减缓比降，扩大过水断面，以利航运，并利用这段河道落差发电。葛洲坝水电站是世界上最大的低水头大流量、径流式水电站，年均发电量可达 $1.57 \times 10^{10} \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，对改变华中地区能源结构，减轻煤炭、石油供应压力，提高华中、华东电网安全运行保证度等起到了重要作用。

二、古老的赵州桥

石头具有较强的抗压能力，古代有很多拱桥都以石材为建筑材料。举世闻名的河北省赵县的赵州桥（图1-46）是我国古代石拱桥的杰出代表，该桥宽9 m，净跨37 m，为单孔敞肩石拱桥。赵州桥并未采用大跨度桥梁中常用的半圆形拱，而是采用了圆弧拱，使得拱高降低到7.23 m，极大地方便了行人和车马过桥，同时还节省了用料。除大拱外，桥梁的两端还各设置了两个跨度3.8 m和2.8 m的小拱（敞肩拱），这一方面减轻了桥自身的重量，进而减少桥身对桥基的压力，提升了桥梁自身的稳固性；另一方面也提升了赵州桥的泄洪能力，当汛期水位升高后，小拱也可以作为水流的通道，增加过水面积。



图1-46 赵州桥

三、亭亭玉立的东方明珠

在上海的黄浦江畔有一座高468 m的东方明珠广播电视塔（图1-47），矗立于陆家嘴地区的现代化建筑楼群中。东方明珠广播电视塔的设计是框架结构的具体应用。它的主干是3根直径9 m的空心擎天大柱，在93 m标高处，由3根直径7 m的斜柱支撑着，斜柱与地面成 60° 交角。电视塔的下球体、上球体和太空舱三个钢结构圆球分别位于距地93 m、272.5 m和350 m高度处；太空舱上面是118 m高的钢桅杆天线段。空心筒体加斜撑的结构方案，使电视塔的塔体具有良好的抗震、抗风性能。

东方明珠广播电视塔曾是上海最高的建筑物。塔身上大小不一、高低错落的球体，映现出“大珠小珠落玉盘”的俊秀身姿，自1994年建成以来一直是上海的标志性建筑，它与位于黄浦江西侧的万国建筑博览群隔江相望，与同处于浦东陆家嘴的金茂大厦和环球金融中心交相辉映，展现了国际大都市的壮观景色。



图1-47 东方明珠广播电视塔

思考 & 练习

用你学过的知识分析一些自然界和人造建筑结构的案例，说说它们分别属于什么结构。

本章小结

结构是指物体各个组成部分之间的空间搭配和排列。从力学角度来看，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。

结构构件在力作用下会产生拉伸、压缩、扭曲、弯曲和剪切形变。

结构类型主要有框架结构、壳体结构和实心结构等。不同的结构类型有不同的受力特点。现实生活中遇到的结构更多的是若干基本结构的组合。

结构的稳定性和强度是结构设计必须考虑的重要内容。

结构在荷载的作用下维持其原有的平衡状态的能力，叫作结构的稳定性。结构的稳定性与它的重心位置、支撑面积和几何形状密切相关。

结构的强度是指结构具有的抵抗外力破坏的能力，与结构的形状、使用的材料、构件之间的连接方式等因素有密切的关系。

在结构设计中，功能性、安全性、规范性等是需要考虑的主要因素，在此基础上简约、和谐、美观是结构设计的完美追求。

本章的知识结构如图1-48所示。

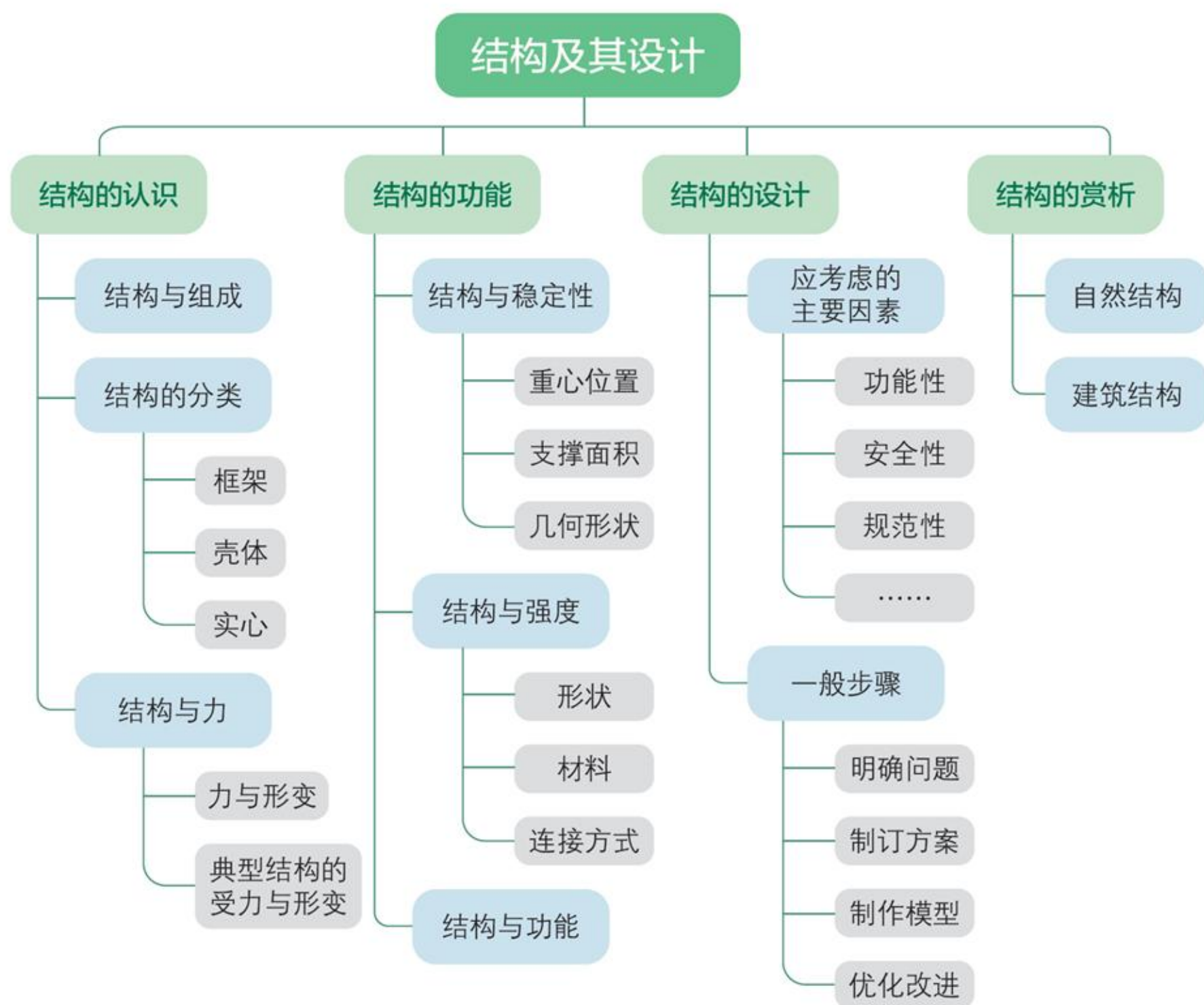


图1-48 本章知识结构

本章学习评价表

学科 核心 素养	课程内容/实践项目	评价指标	评价方式		
			自评	互评	师评
技术 意识	结构分类	了解常见结构的分类（举例）			
	结构赏析	能从技术和文化的角度赏析经典结构案例			
工程 思维	结构与力	了解常见的形变与受力之间的关系			
		能分析常见结构的受力与形变（举例）			
	多功能人字梯	能分析多功能人字梯如何满足不同场合的功能需求			
创新 设计	不同横截面构件受外力时形变情况的探究	能设计试验步骤，完成试验探究			
图样 表达	人字梯模型图纸绘制	能绘制符合技术要求的图纸			
物化 能力	人字梯模型制作	能完成模型制作，并根据标准对模型质量进行评价			

等级标准：A 优秀、B 良好、C 合格、D 待改进。

第二章 流程及其设计

在生活中，处理事情都有一定的步骤，并需要按照顺序来进行；在生产中，产品的设计和制造也要按照一定的顺序分步骤进行，有些步骤的顺序还不能颠倒——这就是流程。随着经济社会绿色化、低碳化的发展和技术的进步，生产生活中的流程需要不断地完善改进，以达到提高工作效率、提高经济效益、节约集约利用资源、保护生态环境等目的，推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。

在本章中，同学们将对流程的含义及与流程相关的环节、时序等概念进行学习，掌握识读和绘制流程图的方法，培养技术意识和图样表达能力；通过对流程的设计和优化，培养工程思维、创新设计能力，通过流程设计的实践，培养物化能力。

第1节 流程的认识

第2节 流程的设计与优化



第 1 节 流程的认识



学习目标

1. 理解流程、环节、时序的含义。
2. 掌握识读和绘制流程图的方法。

流程遍及人们生产生活的各个方面，不同产品的生产有不同的生产流程，每项工作有相应的工作流程。既然都被称为流程，它们的共同点是什么呢？

1.1 流程的含义及特点

一、流程的含义

流程是一系列活动的组合，这些活动按照一定的顺序，以确定的方式发生或被执行，从而实现特定的结果。例如，在工业品生产中，从原材料转化为产品的一系列工序或活动，称为工业品生产的流程；同学们新学期到校报到，需要完成一系列的手续，构成报到的流程；等等。

流程中的每一项活动都称为流程的一个环节。环节是一个相对的概念，根据复杂程度不同，有的环节还可以包含若干更具体的事项，有时这个环节也可以看作一个小的流程。



案例

网络购票乘车

以前人们乘火车出行前，必须到火车站或车票代售点购票，随着技术的发展，现在人们可以在家通过网络完成购票。在网上购票，需要先在购票网站上进行注册，之后在网站的系统内订票并通过网络完成票款的支付。最后完成实名制验证、检票进站，乘车出行。网络购票乘车的流程如图2-1所示。



图2-1 网络购票乘车的流程

从图2-1中可以看出，网络购票乘车的流程可以分为五个环节。事实上，每个环节也都包含了多个步骤。例如，注册环节需要注册人首先在网站上阅读使用条款，然后填写个人信息，网站会发送验证信息给注册人，注册人需要通过验证信息激活注册的账号，所以注册环节的流程可以表示成图2-2所示。



图2-2 在购票网站注册的流程

订票环节也有一定的流程。订票人需要完成登录购票网站、选择日期和车次、输入乘车人信息、确认订单等一系列环节，这一流程可以用图2-3表示。



图2-3 在购票网站订票的流程

讨论 & 交流

每天早上从起床到去学校上学，你会经历哪些环节？每个环节又由哪些具体事项组成？请根据你的经验和理解填写表2-1。

表2-1 起床上学的流程表

序号	环节	具体事项
1		
2		
3		
4		

构成流程的各项活动的发生有先有后，也就是说流程中的各个环节在时间上有先后顺序，这就是时序。有些活动的时序不能颠倒，如在网络购票乘车的例子中，如果没有在网站上注册，就不能进行订票的操作，如果没有订票，则不能乘车；有些活动则没有固定的时序，如做饭的流程，淘米和洗菜两个环节之间没有确定的先后顺序。

二、流程的特点

无论是制造产品的生产流程，还是完成某项任务的工作流程，虽然不同流程的呈现形式是多样的，但它们具有一些共同的特点。

- (1) 目标性：一个流程有明确的最终目标或任务。这个任务可以是完成一次维修，也可以是送达一个快件。
- (2) 整体性：输入资料，完成一系列的环节，最后输出结果，才算是完成了一个有价值的整体活动或行为发生的流程。
- (3) 动态性：流程可以根据需要或目标动态调整甚至重新设计。
- (4) 层次性：组成流程的环节本身也可以包括多个事项或步骤，这些事项或步骤也按照一定的时序排列，因此有些环节也包含了更小的流程。
- (5) 结构性：流程中各环节之间有一定的结构关系。例如，某些环节可以同时进行（并行），某些环节只能顺序进行（串行），等等，环节之间的结构关系是根据需求决定的。

讨论 & 交流

小组讨论，列举生活中有哪些流程的时序不可颠倒，并说明理由，完成表2-2。

表2-2 生活中流程的时序举例表

序号	事情	环节	时序不可颠倒的原因
1	注射青霉素	青霉素皮试→注射青霉素	首先要进行皮试，确定不会发生过敏反应才可以注射，否则有可能出现医疗事故
2			
3			
4			

1.2 流程图的识读和绘制

一、流程的表达

流程可以用文字、框图、图形和表格等形式表达。用特定的图形符号或文字说明来表示一系列行动或活动的图称为流程图。

1. 文字

比较简单、不包含分支的流程，可以用文字表达。和其他表达形式相比，文字形式通常占用的空间比较小。例如，超市的自动结账机的工作流程可以文字形式表述为：扫描商品二维码、确认商品和价格、付款。

2. 框图

框图是流程图最常用的表达形式，每个框代表一个环节，环节的具体内容以文字在框中表述，环节之间用箭头连接，以体现时序。框图可以直观地展现各个环节之间的结构关系和先后顺序。图2-4是以框图形式表达的某款洗衣机的开机使用流程。

国家颁布的GB/T 1526—1989《信息处理 数据流程图、程序流程图、系统流程图、程序网络图和系统资源图的文件编制符号及约定》，对上述流程图中的符号做了规定，常见的符号有如下几种。

(1) 端点符(图2-5)。此符号表示转向外部环境或从外部环境转入。例如，程序流程的起始或结束、数据的外部使用以及起源(或终点)。

(2) 处理(图2-6)。此符号表示各种处理功能。例如，执行一个或一组确定操作，从而使信息的值、形式或位置发生变化，或者确定几个流向中的某一个流向。

(3) 判断(图2-7)。此符号表示判断或开关类型的功能。该符号只有一个入口，但可以有若干个可选择的出口，在对符号中定义的条件进行求值后，有一个且仅有一个出口被激活。

(4) 数据(图2-8)。此符号表示数据，可用于表示信息的输入或结果的输出。

(5) 流线(图2-9)。此符号表示数据流或控制流。为了增强可读性，可以在流线上加上箭头；但在必要时，必须加上箭头指示流向。

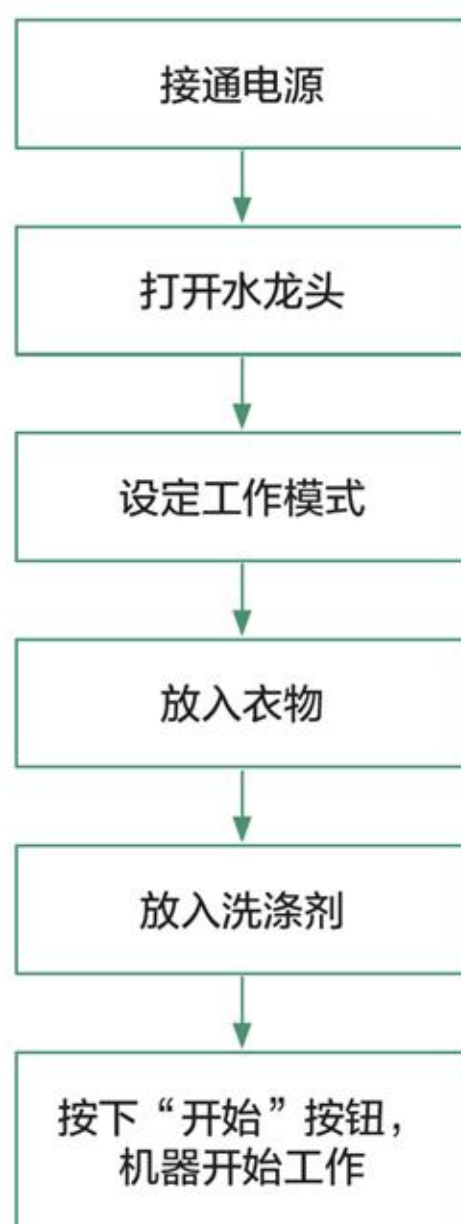


图2-4 某洗衣机的开机使用流程



图2-5 端点符



图2-6 处理



图2-7 判断



图2-8 数据



图2-9 流线



小知识

- 标准流向是从左到右和自上而下。
- 为了图的清晰，可随时在流线上使用箭头指示流向（如在交结点处）。当流程不遵循标准流向时，要使用箭头来指示方向。
- 应当避免流线的交叉，即使出现流线的交叉，交叉的流线之间也没有任何逻辑关系，不对流向产生任何影响。
- 两根或更多的进入线可以汇集为一根输出线。当两根或更多流线汇集为一根流线时，各连接点应相互错开以提高清晰度，并在必要时使用箭头表示流向。
- 一般情况下，流线应从符号的左边或顶端进入、右边或底端离开。它们都应对准符号的中心。

图2-10所示为某程序流程图，其中开始、结束、判断、数据的输入输出和流线均按照国家标准中规定的符号表示，每个环节的作用一目了然。

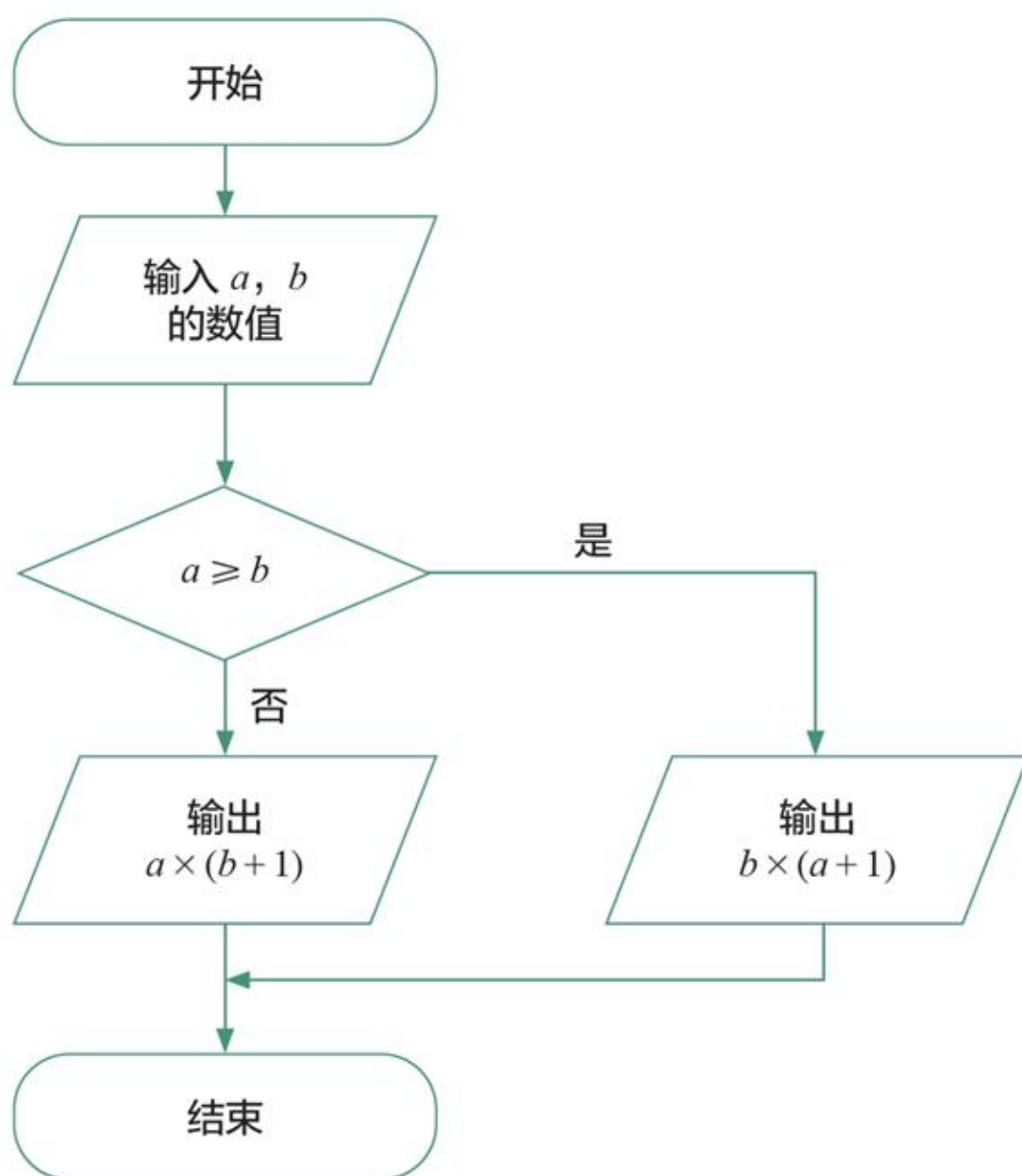


图2-10 某程序流程图

3. 图形

图形的表达形式可以直观地展现一些难以用语言描述的复杂操作，可以帮助人们更好地理解环节的内容，图2-11所示为七步洗手法的流程。



图2-11 七步洗手法的流程

4. 表格

表格常用于生产、加工、装配以及其他工作流程的表达，可以更好地突出各环节的内容。表2-3是以表格形式表达的从某商家进行外卖订餐的流程。从表中可以看出，该订餐过程大致可以分为三个环节，而每个环节又包含了多个步骤，采用表格的表达方式，可以很清楚地看出各环节的内容。

表2-3 外卖订餐流程

环节	步骤	说明
订餐 (客户)	选择菜品	客户根据商家提供的菜单选择菜品
	下订单	确认订单提交
	支付	通过在线方式完成支付
出餐 (商家)	确认订单	商家根据客户的订单确认菜品
	准备食材	根据客户订单中的菜品准备所需食材
	加工菜品	进行订单菜品的加工制作
	出单	再次确认菜品与订单一致，打包
配送 (配送员)	信息确认	配送员根据订单确认客户和菜品信息
	运送	将菜品送至客户所在地
	确认收货	联系客户，将菜品交至客户手中

此外，将表格和框图结合，可以体现流程中各环节所对应的执行机构，有助于人们更好地了解整个流程。图2-12所示为医院就诊的流程，可以很清楚地表达整个就诊流程中每个环节应该在哪个部门进行。

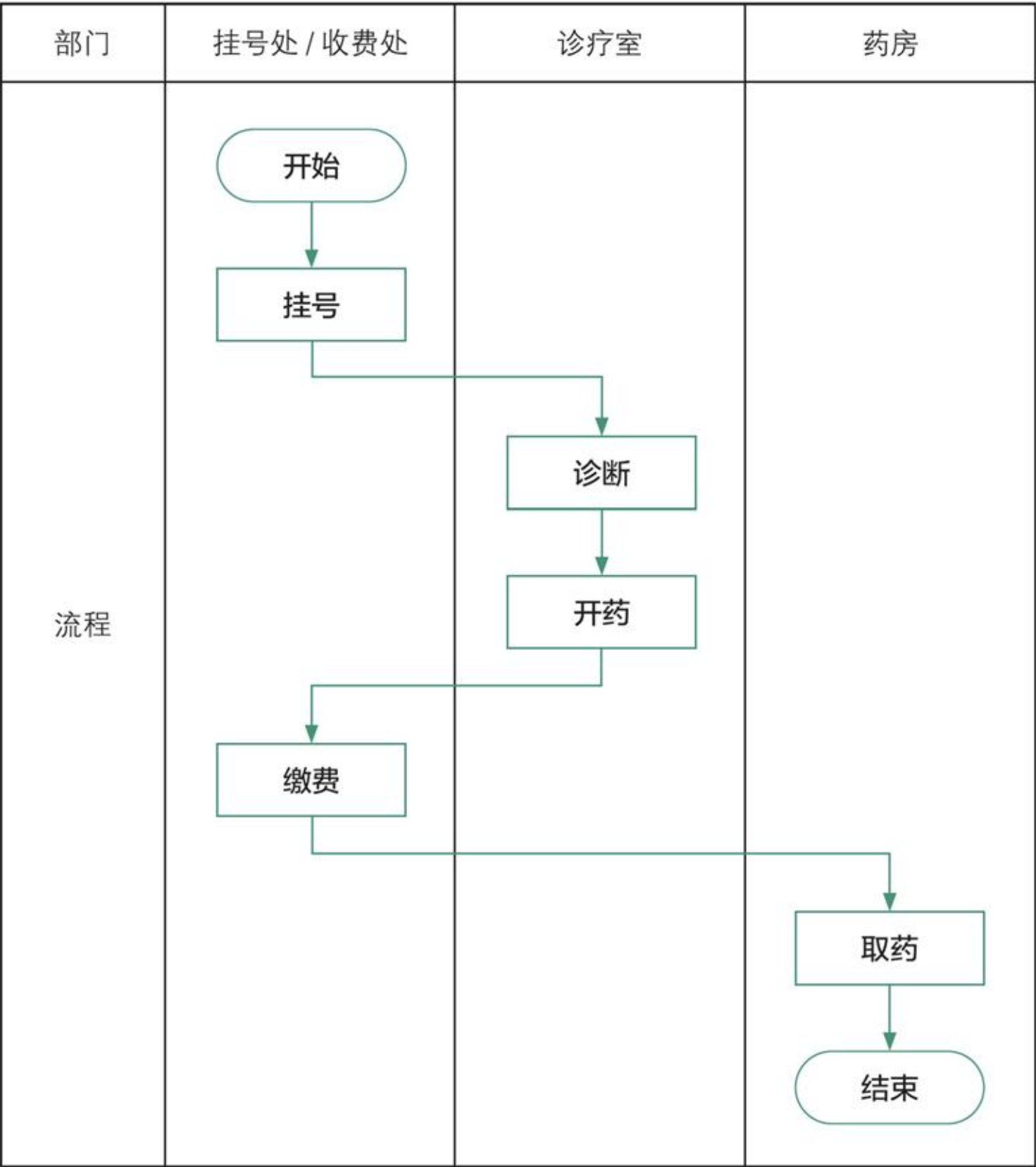


图2-12 医院就诊流程



拓展阅读

集成电路生产流程

表格形式可以很清楚地体现生产等流程中的具体步骤。例如，集成电路的生产涉及多道工序，表2-4是以表格形式表达的在单晶硅上生产集成电路的简要流程。从表中可以看出，整个生产流程大致可以分为五个环节，每个环节所包括的步骤在表格中一目了然。

表2-4 集成电路生产的简要流程

环节	步骤	说明
硅片制备	单质硅提纯	从硅的化合物采用化学方法获得高纯度的单质硅
	单晶硅生长	将熔融态的单质硅生长为固态的单晶硅锭
	硅片切割	根据需求把硅锭切成确定厚度的硅片
	硅片抛光	对硅片表面进行抛光，获得平整如镜的表面
硅片制造	介质层生长	在硅片上生长二氧化硅等介质层
	光刻	涂覆光刻胶，利用类似照相的方式把设计好的集成电路图案转移到硅片上，每片硅片上可排列多个集成电路块（芯片）
	刻蚀	把不必要的光刻胶和介质层通过物理或化学方法去除
	离子注入	在硅片的特定区域注入其他元素粒子，从而改变该区域的导电性
	金属生长	配合光刻的方法，在需要的区域生长金属，作为导线或电极
硅片测试	在线参数测试	用于制造过程中工艺问题的早期鉴定，并收集数据用于工艺改进
	硅片拣选测试	检验硅片上的哪些芯片可以正常工作
封装	分片	按照集成电路块的尺寸把每个芯片从硅片上切下
	贴片	把单独的芯片粘贴在事先设计好的基座内
	引线键合	用金属丝把芯片的电极和基座电极连接，使芯片的电极可以通过基座的引脚引到基座之外
	封装	使用聚合物或氧化物浆料等材料将芯片完全封在基座内部，形成独立的集成电路
终测	电学测试	确保每个集成电路可正常工作
	环境测试	确保环境变化对每块集成电路的功能没有大的影响

二、流程图的绘制

环节和时序是流程的两个关键要素，因此在绘制流程图的时候，要注意对这两个要素的体现。



案例

图2-12所示的医院就诊案例比较简单，患者在诊疗室进行诊断并开药。在实际的就诊过程中，医生对患者进行初步诊断后，需要借助现代化的医疗设备对患者进行一些检验化验，之后医生根据检验化验的结果再次进行诊断，并为患者开药。那么这个过程应该怎样用流程图表达呢？

与图2-12所示的就诊流程相比，此案例的流程中多了“检验化验”的环节，而是否需要检验化验，则取决于医生初步诊断的结果。若不需要检验化验，则可直接开药；若需要检验化验，则在检验化验环节之后还增加了“再次诊断”的环节。因此，该流程中各环节的先后顺序根据医生的诊断有所不同，所以流程中有判断的环节存在。

基于上述分析，该流程可以用图2-13所示的流程图表达。

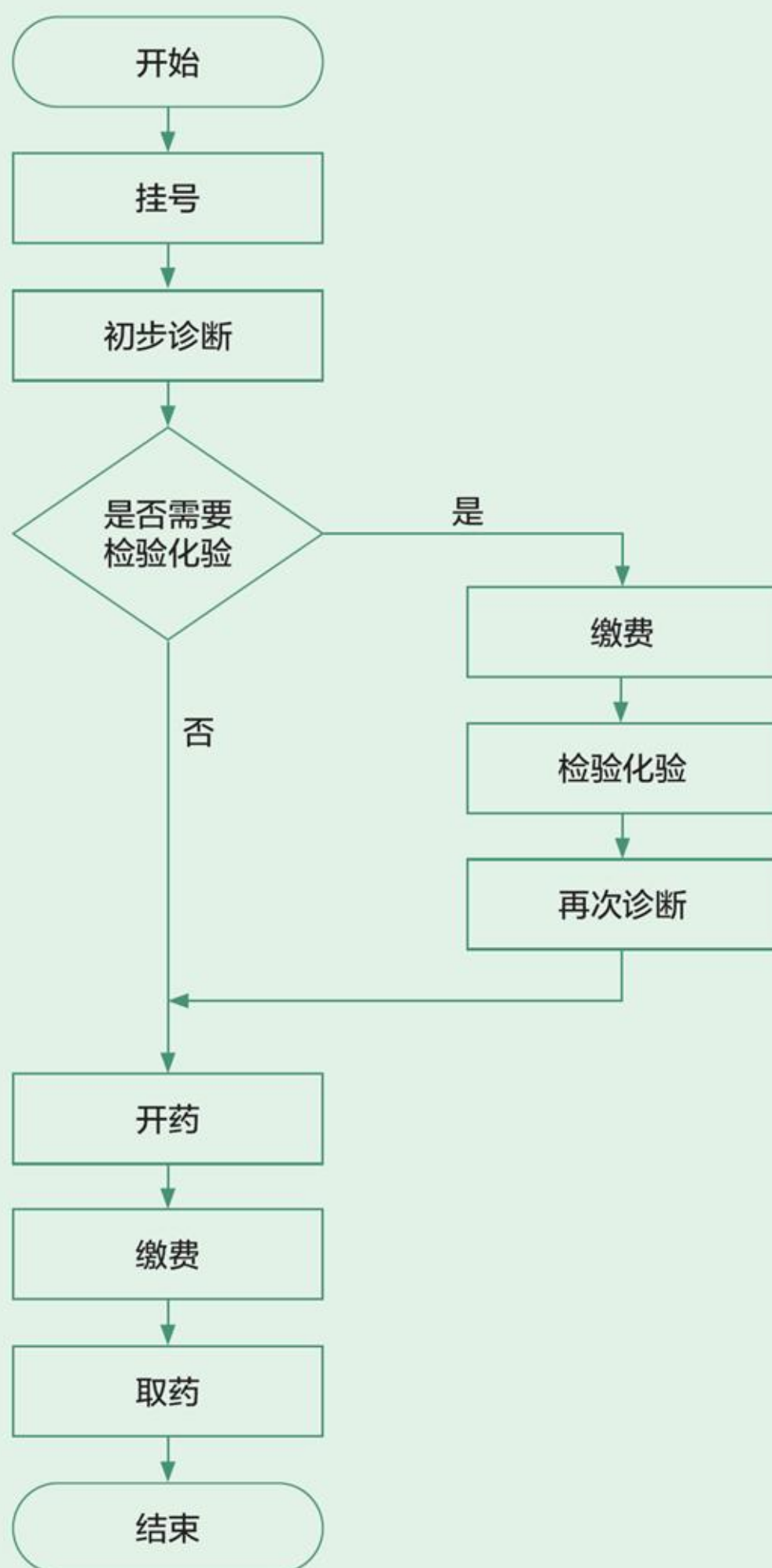


图2-13 包含检验化验环节的就诊流程图



讨论 & 交流

若上述案例中的检验化验环节在检验化验室进行，请仿照图2-12的样式，将表格和框图的形式结合，在图2-14中绘制包含检验化验环节的就诊流程。

部门	诊疗室	挂号处 / 收费处	检验化验室	药房
流程				

图2-14 以框图和表格相结合形式表达的医院就诊流程



设计 & 操作

实践任务

绘制循迹小车制作过程的流程图。

实践目的

掌握流程图的绘制。

实践过程

- 1. 回顾在《技术与设计1》学习过程中关于循迹小车的制作过程。
- 2. 以文字形式列出制作循迹小车的环节。
- 3. 分别以框图形式和表格形式表达制作循迹小车的流程。



流水线

流水线的生产方式在现代化工厂的生产中起着重要的作用。该生产方式按照一定的工序将一个产品的加工过程分割成若干个环节，工人间的分工更细致、明确，每个环节仅承担一个或几个

工序的加工，减少了工人的数量，大大提高了生产效率和专业化程度。例如，汽车生产的流水线（图2-15），不同岗位的工人只需负责完成某部分的工艺环节，提高了汽车生产的质量和产量。

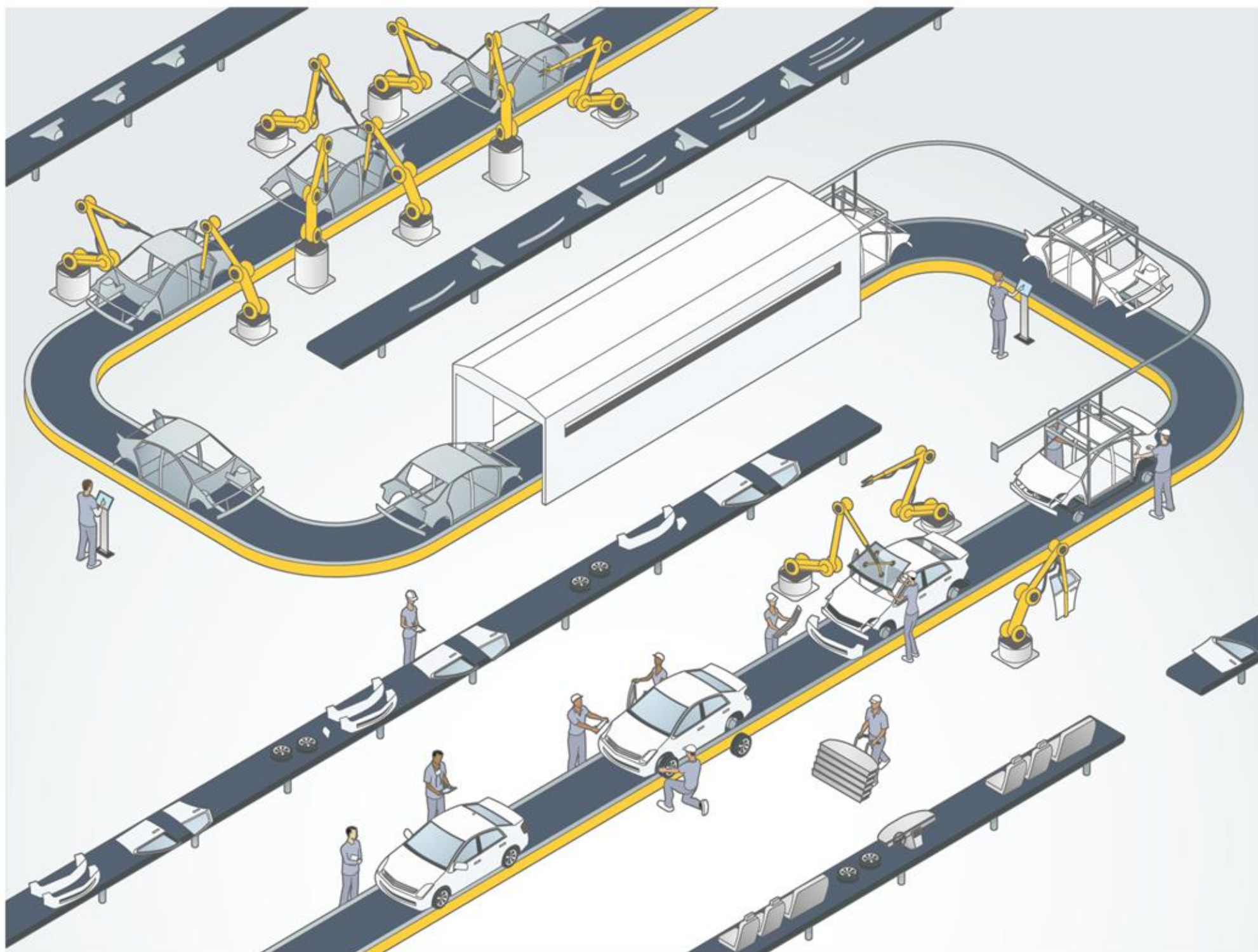


图2-15 汽车生产的流水线



思考 & 练习

在初中的劳动技术课程中，我们已经学习了布艺、木工、植物养护等内容，请选择其中的一个项目作品，分析其制作的基本流程并绘制流程图。

第2节 流程的设计与优化



学习目标

1. 了解流程设计的基本思想和方法，能够分析流程设计和优化过程中的基本要素。
2. 能结合技术需求进行流程设计和对已有流程进行优化，并用流程图表达流程的设计和优化。

在生产和生活中，为了达到不同的目的，满足各种需求，帮助和指导人们更好地生活和更高效地工作，研究和设计相应的流程是十分必要的。在这个过程中，我们需要以科学严谨的态度，充分考虑流程中的各种影响因素，有步骤地进行流程的设计和优化。

2.1 流程设计的基本思想和方法

一、流程设计的基本思想和主要因素

设计流程是为了更好地指导生产生活，因此，在进行流程设计的过程中，通常要根据目标将流程分解为若干个阶段，再根据各阶段的目标确定其实现的方法和手段，具体来说，要遵循以下基本思想。

(1) 在进行流程设计时，首先要明确该流程要实现的具体目标。不同的流程，其目标也不相同。一般工作流程的设计，通常以提高工作效率、节省工作时间等为目标；生产流程的设计，通常以节省原料、缩短工期、提高质量等为目标。在之前学习的集成电路制造的案例中，如何以最低的成本生产最多的集成电路是其主要目标，针对这一目标，如何提高硅片利用率、提高良品率等都是流程设计过程中需要考虑的因素。

(2) 要理解该流程所应该遵循的内在规律，设计的流程不能违背其规律。例如，工业生产氨气的过程，以氮气和氢气为原料，在一定的温度和压强下让氮氢混合气体通过催化剂的作用生成氨气，之后采用分离器把生成的氨气分离出来，在这个过程中，一定的温度、气压和催化剂是合成氨的必要条件，缺一不可，因此在设计合成氨的流程时，不能忽略其中的任何一个条件。

(3) 要根据流程的具体内容，合理划分环节，并对时序进行科

学合理的安排。有些流程的环节是显性易见的，如之前讨论的就诊流程；有些流程的设计则需要根据其内在的属性和规律，经过多次的试验探索优化，才能得到最佳的流程方案，如工业生产氨气的流程，最佳的温度和气压条件是经过研究人员反复试验改进获得的。

根据上述基本思想，在进行流程设计时，需要结合各方面的因素进行综合考虑。例如，在设计生产流程的过程中，工艺、设备、材料、技术、资金、环境等因素都是需要考虑的主要因素，各因素又包含了多项内容，如图2-16所示。

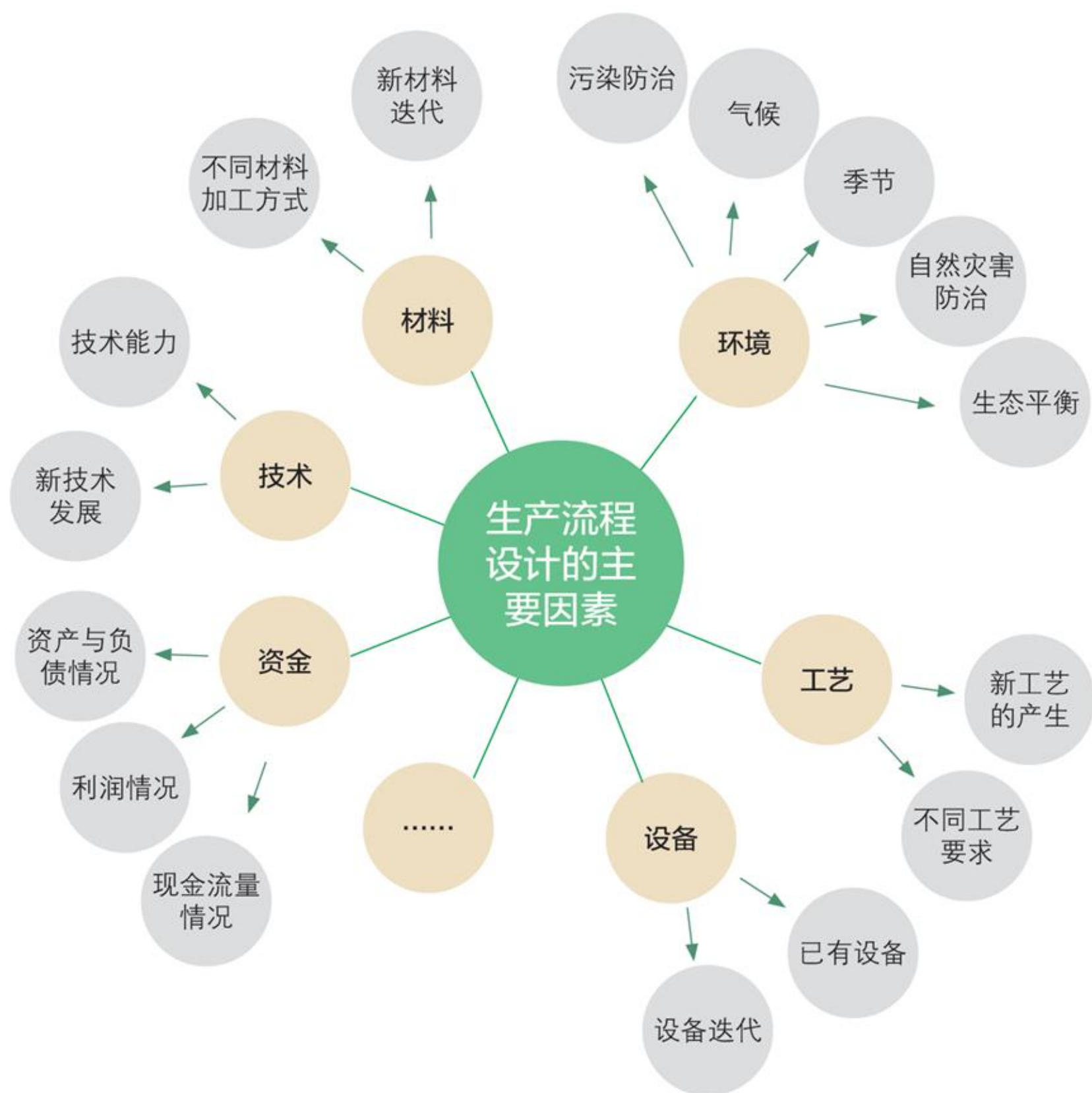


图2-16 生产流程设计的主要因素

讨论 & 交流

在《技术与设计1》中，制作循迹小车的流程设计需要考虑哪些因素？

二、流程设计的步骤

流程设计通常遵循如图2-17所示的步骤进行。

1. 确定任务和目标

明确该流程需要完成的任务是什么，主要目标是什么，同时还应该考虑该流程需要遵循什么样的内在规律。

2. 分析主要因素

分析与该任务相关的主要因素都有哪些。例如，工业生产流程中所需的原材料有哪些、哪些设备可以使用、可行的工艺方案有哪些，一般工作流程中有哪些人员可以调配、可用资金有多少，等等。

3. 划分环节、确定时序

列出该项任务中需要完成的各个步骤，并根据步骤之间的联系情况划分为若干个环节。例如，在之前集成电路生产的流程中，包含了十几个步骤，这些步骤可以划分为五个环节。根据各环节（步骤）之间的先后顺序，科学合理地安排流程的时序，有些环节（步骤）可以同时进行，则可以并行安排，有些环节（步骤）的顺序是不可颠倒的，则必须按照先后顺序安排。

4. 绘制流程图

选择合适的表达方式，把环节和时序以流程图等形式体现出来。

5. 优化

根据实际情况，如有需要，对流程方案进行优化。

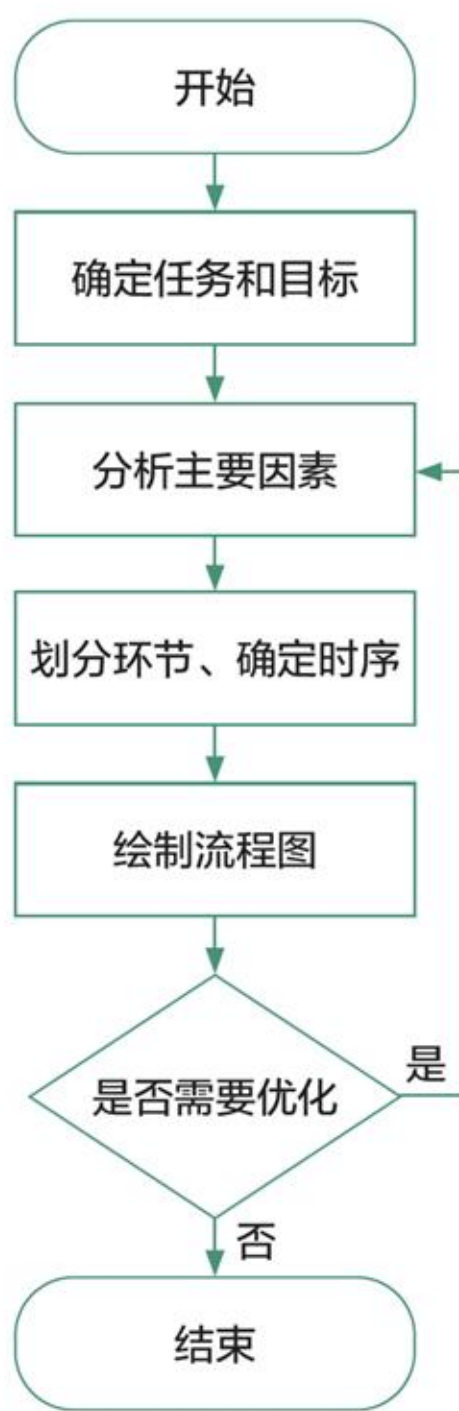


图2-17 流程设计的步骤

2.2 流程的优化

一、流程优化的目标

流程优化是指对已有的流程进行梳理，以提升工作效率、提高产品生产率、节约时间、节省成本等为目标，对流程进行的改进和完善。根据已有流程具体内容不同，流程优化的目标也不尽相同，生产流程优化的目标可以是降低成本、提高产品生产率、节约能耗、减少环境污染等，一般工作流程优化的目标可以是提升工作效率、减小工作强度、减少所需人手数量等。

二、流程优化的内容

流程的优化通常包括两种情形：一是原先的流程并不一定是最佳的，需要完善；二是流程中的某些因素（环境、技术、设备、人员等）发生了变化，需要对整个流程或其中相应的部分进行调整。流程的优化通常可以从以下方面着手。

1. 取消不必要的环节

随着技术发展和设备的更替，原有流程中的某些环节不再是必需的，可以被取消。例如，在之前分析过的网络购票乘火车的流程中，原来还存在着取票的环节，火车票是乘车的凭证，乘车人必须在乘车前从售票窗口或取票机上取到火车票，方可检票、乘车；而随着技术的发展，乘车人可以凭有效身份证件通过自动检票闸机（图2-18）完成实名制电子客票的核验，因此乘车人完成订票支付环节后，不需要再取票，可以直接用刷身份证的方式乘车。



图2-18 自动检票闸机

2. 合并部分环节

环节是依据完成任务所涉及具体步骤划分的，当任务所涉及的因素发生变化时，环节的划分也可以做相应的调整。例如，早期的设备自动化程度低，需要多人分工操作，每人负责不同的环节，而随着自动化程度更高的设备的出现，原本复杂的多人工序可能只需要控制几个按键即可完成，与之相应的工作流程也要进行调整优化。早期的蒸汽机车，需要司机控制机车的运行，副司机在一旁协助，

司炉负责把煤送入锅炉为机车运行提供动力，司旗则负责发信号，大家分工协作，才能确保火车正常运行；而现代化的动车组，司机一人就可以在司机室完成之前蒸汽机车上多人的工作（图2-19）。



图2-19 蒸汽机车和动车组列车

3. 调整时序

根据流程中各环节之间的关系，在确保实现流程目的的前提下可以对部分环节的顺序进行调整，从而提高整个流程的效率。例如，炒菜烧饭的流程，包括淘米（3 min）、洗菜（3 min）、切菜（7 min）、烧饭（20 min）、炒菜（10 min）五个环节，在只有一个炉灶的情况下，如果按照图2-20（a）所示的流程，整个过程需要43 min，而如果调整时序，在烧饭的同时洗菜、切菜，如图2-20（b）所示，则整个过程可以缩短到33 min。

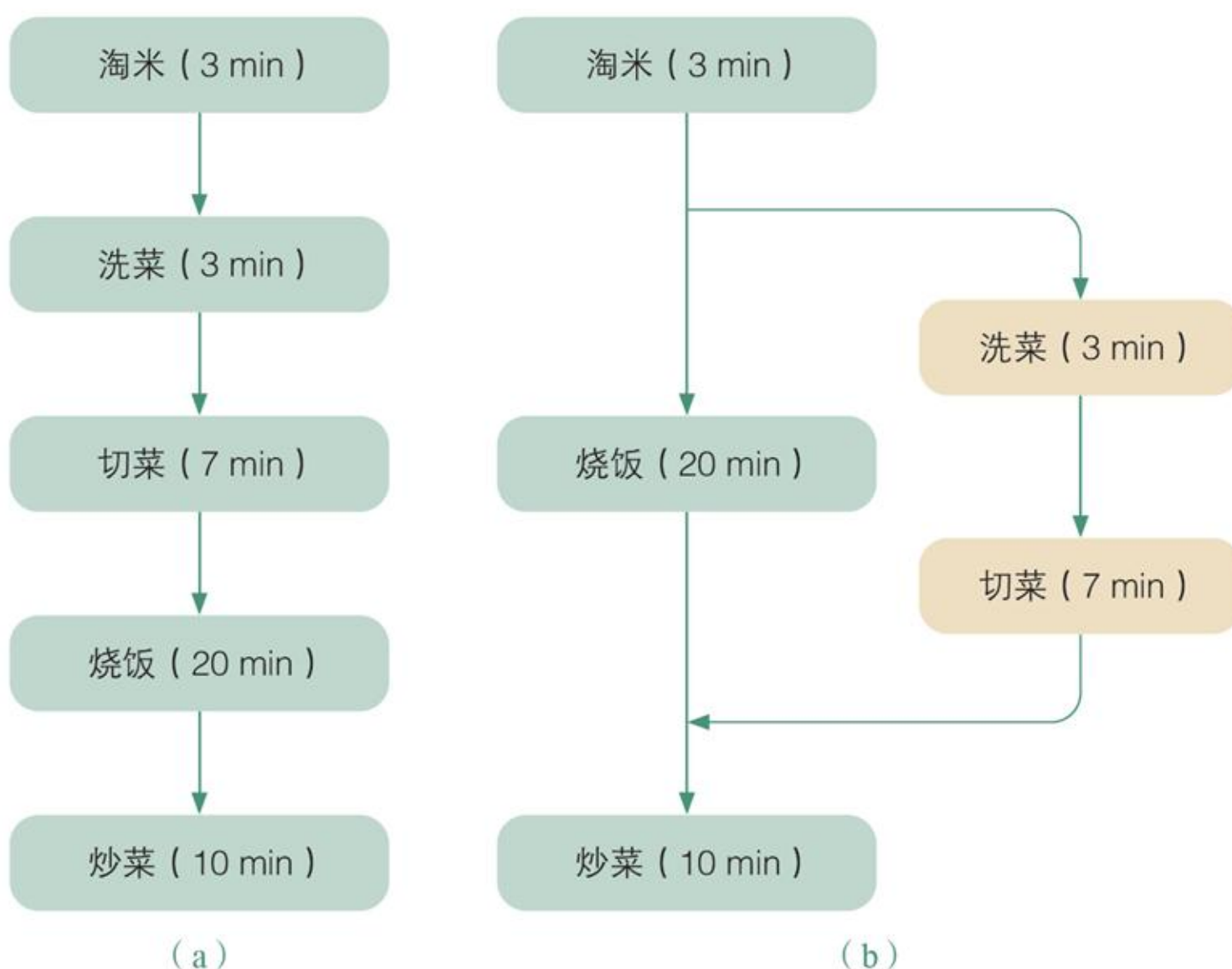


图2-20 炒菜烧饭流程的优化

讨论 & 交流

如果有两个炉灶，上述炒菜烧饭的流程该如何进一步优化？

2.3 流程设计与优化的案例及实践

太阳能电池板的生产流程设计

小知识

太阳能电池板的结构及工作原理

太阳能电池板（图2-21）可以在光照的情况下输出电能驱动外界负载。它之所以可以将太阳能转化为电能，是由于其核心部件——由两种不同导电类型（分别称为 n 型和 p 型）的半导体材料构成的双层结构——可以使光照产生的正电荷和负电荷，分别向两个电极运动，使两电极之间产生电势差，所以太阳能电池板可以对外输出电压。图2-22所示为太阳能电池板的结构和等效电路示意图。



图2-21 太阳能电池板

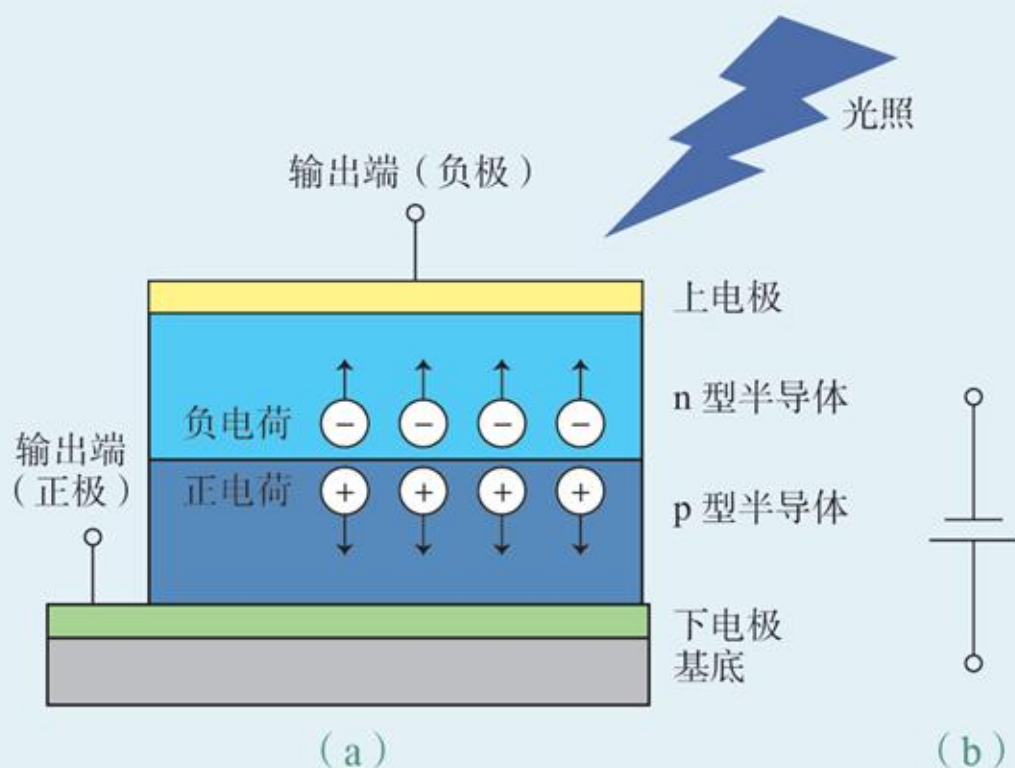


图2-22 太阳能电池结构和等效电路示意图

某种太阳能电池板生产流程的设计步骤如下。

1. 确定任务和目标

在玻璃基底上制造太阳能电池板。其必须遵循的规律包括如下

两条。

(1) 光照在半导体内产生正、负电荷，而正、负电荷的分离是由两种半导体的界面引起的，为了使太阳光能够到达界面，从玻璃基底到两种半导体界面之间的各层应该是透明的。

(2) 为了提升太阳能电池板的输出电压，多片太阳能电池板之间采用串联的形式连接。要实现太阳能电池板之间的串联，就要使某块太阳能电池板的下电极与旁边一块太阳能电池板的上电极连接，而其上电极要与另一侧太阳能电池板的下电极连接。设计目标的结构和等效电路示意图如图2-23所示。值得注意的是，与图2-22中所示不同，该太阳能电池板的底面是透明的，太阳光从玻璃基底一侧照射。

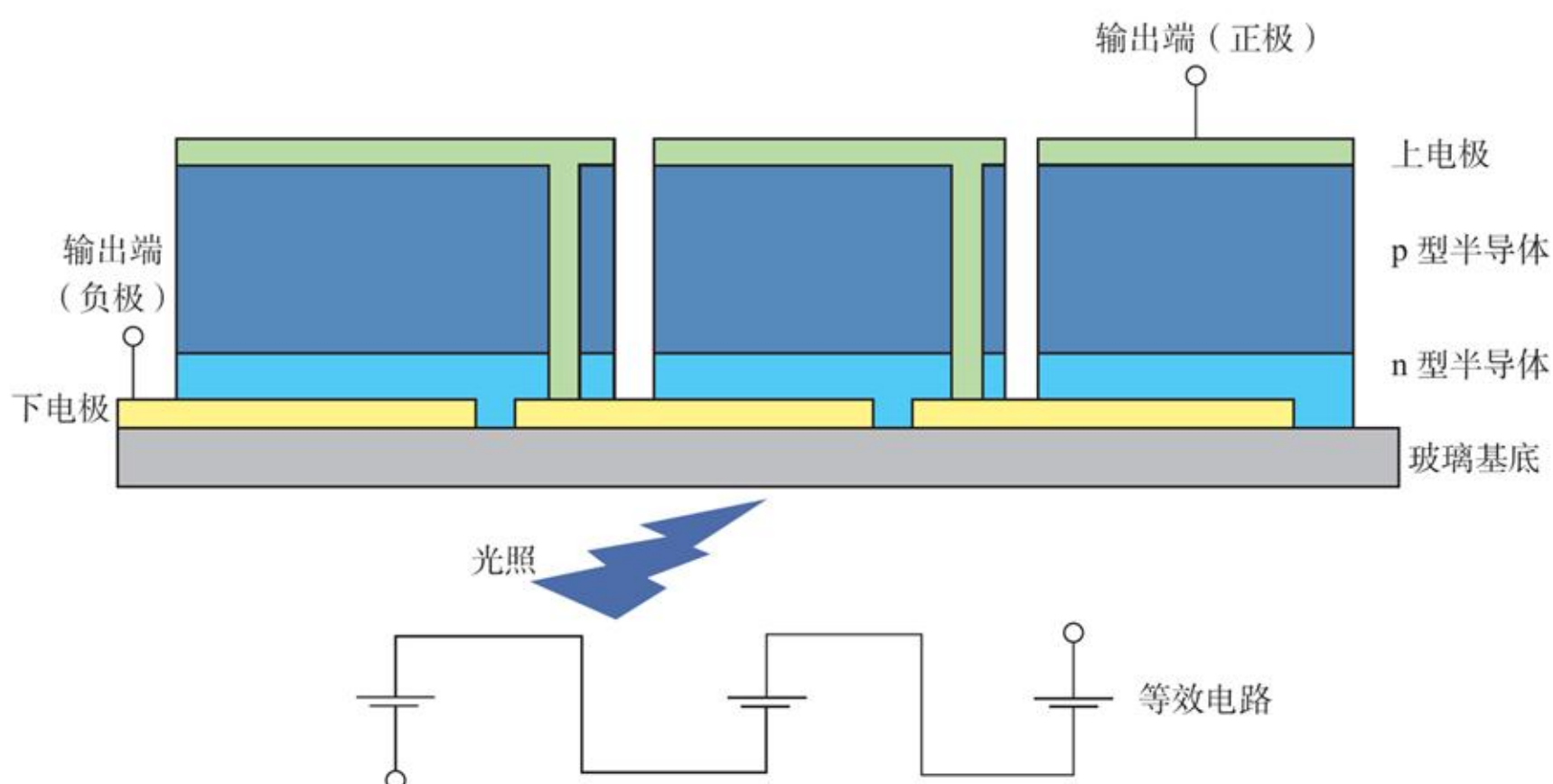


图2-23 多片串联太阳能电池板结构和等效电路示意图

2. 分析主要因素

(1) 原材料的选择：下电极、n型半导体要透明，可以选择透明导电氧化物（ITO）作为下电极，n型半导体硫化镉（CdS）作为窗口层，p型半导体碲化镉（CdTe）作为吸收层。上电极选用金属钼（Mo）。

(2) 各功能层制造方法的选择：太阳能电池板中的电极层、n型半导体层、p型半导体层均可以采用薄膜生长的方法，在基板上逐层生长。各层的几何参数及具体生长的方法见表2-5。

表2-5 多片串联太阳能电池板各层几何参数及生长方法

功能层名称	成分	厚度	生长方法
下电极	ITO	500 nm	溅射法
n 型半导体	CdS	80 nm	溅射法
p 型半导体	CdTe	5 000 nm	密闭空间升华法
上电极	Mo	100 nm	溅射法

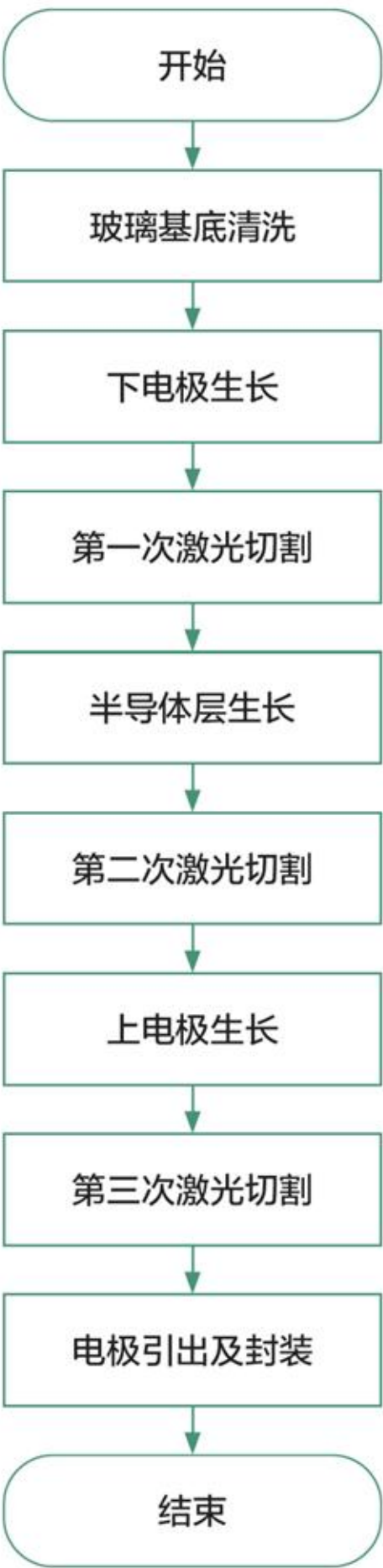


图2-24 多片串联太阳能电池板生产流程图

（3）相邻太阳能电池板的分割和连接：采用激光切割方法，根据规划的尺寸，在需要分割的位置切开；相邻太阳能电池板的连接在薄膜生长过程中同时完成。

3. 划分环节、确定时序

按照该太阳能电池板的结构，制作过程包括如下环节：玻璃基底清洗、下电极生长、第一次激光切割（分割下电极层）、半导体层生长、第二次激光切割（分割半导体层）、上电极生长、第三次激光切割（分割上电极与半导体层）、电极引出及封装。其中半导体层生长的环节包括n型半导体层的生长和p型半导体层的生长两个步骤。时序按照上述环节的顺序进行。

4. 绘制流程图

该太阳能电池板的生产流程如图2-24所示。

图2-25所示为三次激光切割的位置示意图，从图中可以看出，第一次激光切割把玻璃基底上的下电极分割成若干块；第二次激光切割的位置相对于第一次切割的位置有偏移，第二次激光切割形成的沟槽在之后生长上电极层的过程中被上电极材料填充，而沟槽的底部对应的是相邻一块太阳能电池板的下电极，因此相邻两块太阳能电池板的上下电极得以连通，但此时整块玻璃基底表面的上电极是完全连通的；经过第三次激光切割，相邻的太阳能电池板的上电极和半导体层被分割开，最终实现相邻太阳能电池板的串联。图2-26所示为该太阳能电池板的整体结构示意图。

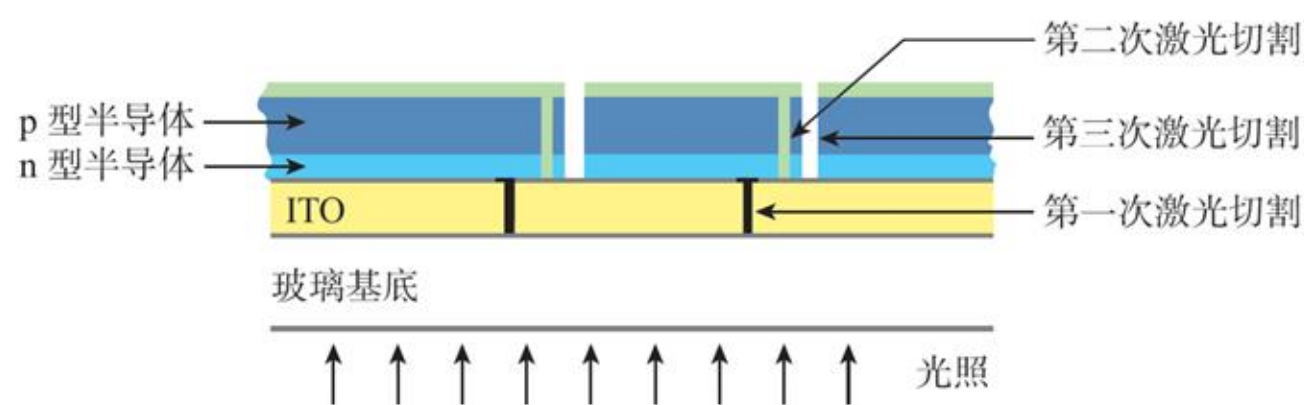


图2-25 三次激光切割的位置示意图

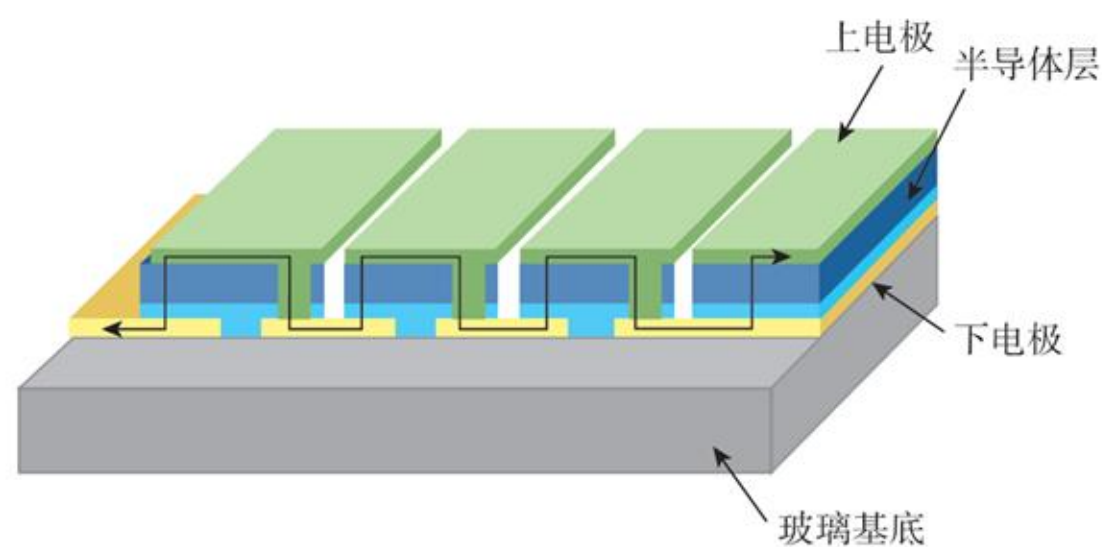


图2-26 多片串联太阳能电池板整体结构示意图

图2-27是以图形的形式表达的该太阳能电池板的生产流程图。与图2-24相比，图2-27中每个环节表现得更形象。

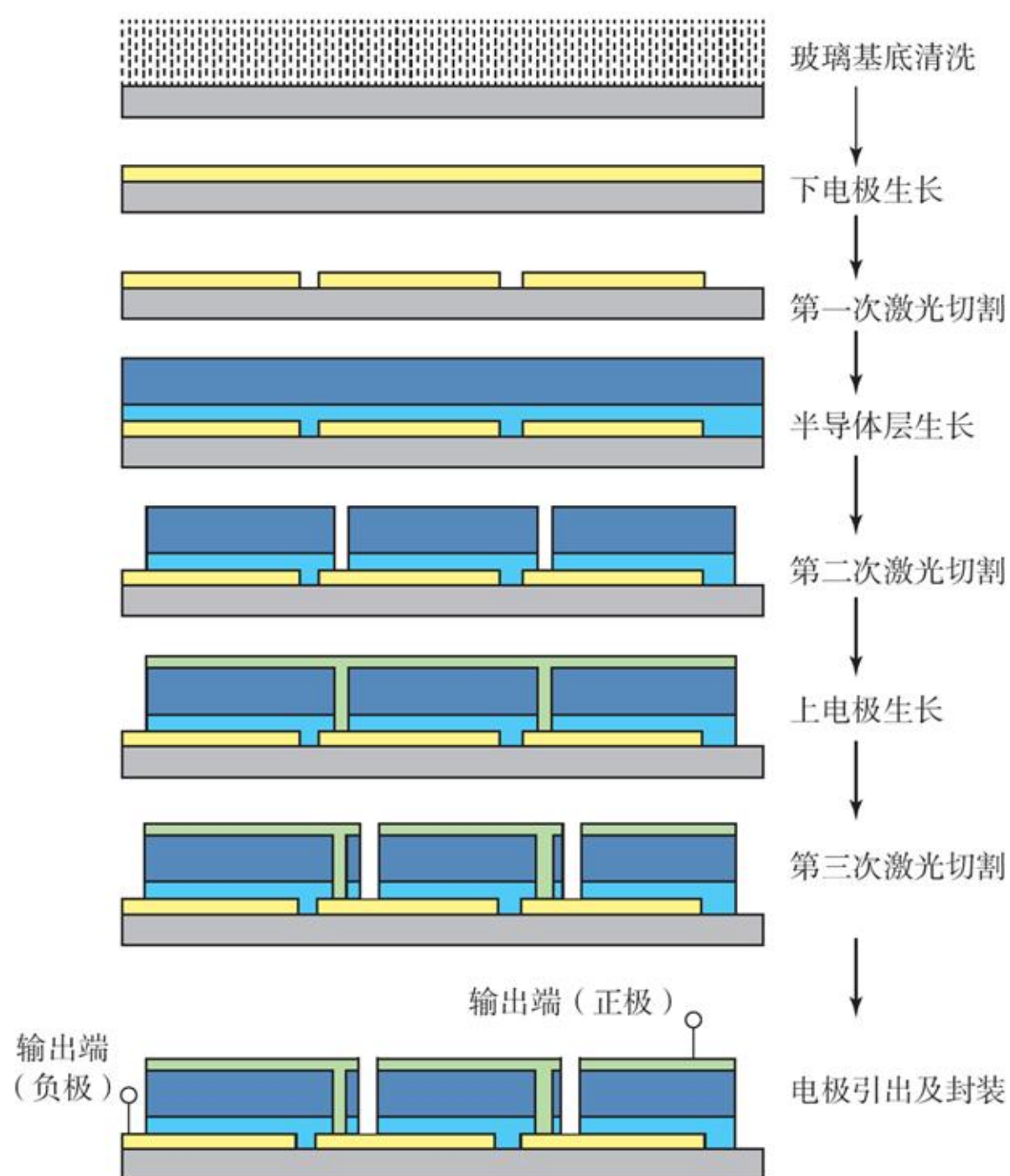


图2-27 以图形形式表达的多片串联太阳能电池板的生产流程

5. 优化

相邻太阳能电池板的连接也可以通过导线的方式，但在此制造流程中，采用激光切割与薄膜生长相结合的方法，比导线连接的方法更便捷可靠，因此不需要再进一步优化。



设计 & 操作

实践任务

房屋装修流程的设计。

实践目的

掌握流程的设计和优化，并用流程图表达。

实践准备

通过查阅资料、采访调查等方式，了解房屋装修的主要步骤。供参考的步骤如表2-6所示。

表2-6 房屋装修的主要步骤

步骤	说明
房屋测量	测量装修过程涉及的面积，包括贴瓷砖面积、地板面积、壁纸面积、墙面漆面积等
装修设计	根据房型、面积、喜好等进行装修方案设计
拆除	包括拆除不需要的非承重墙、砌墙、铲墙皮等
厨卫测量	厨房的橱柜、浴室柜、抽油烟机、灶具等厨卫固定设施的尺寸测量
室内门测量	房屋内各处门的尺寸测量
水电改造	根据装修设计方案中开关、灯具、洁具、电器、家具等的具体位置布置房屋内的水管、电路
厨卫防水	对厨房、卫生间的下水立管进行防水处理，对厨房、卫生间以及阳台进行防水施工
木工	木工主要做天花板吊顶、柜子以及一些墙面造型等
瓦工	瓦工主要贴瓷砖，安装过门石、大理石窗台、地漏等
油漆工	油漆工先做墙面基层处理，再刷墙面漆；并给木工制作的柜子刷漆
厨卫安装	厨房、卫生间的吊顶以及厨卫吸顶灯、排风扇（浴霸）、橱柜、水槽、煤气灶、抽油烟机等安装
地板安装	安装各房间的地板；在地板安装前应对房间各处进行找平测量
室内门安装	房屋内各处门的安装
开关插座安装	安装房间各处的开关和插座；注意：卫生间中的插座和开关都必须是防水的，插座要带防水盖

续表

步骤	说明
灯具安装	安装各房间的灯具
五金洁具安装	上下水管件、卫浴挂件、马桶、晾衣架等的安装
家电安装	电视机、冰箱、空调等家电的摆放与安装
家居配饰	窗帘、墙壁画、摆件工艺品等配饰的摆放

实践过程

- 1. 根据房屋装修的主要步骤，分析房屋装修需要考虑的基本因素。
- 2. 根据房屋装修的主要步骤划分装修的环节（主要环节可参考表2-7），并确定时序，并就部分环节的先后顺序进行讨论，以便对设计方案进行优化。

表 2-7 房屋装修的主要环节和步骤

环节	步骤
设计	
主体拆改	
隐蔽工程	
覆盖工程	
安装	
收尾	

- 3. 绘制房屋装修流程图。
- 4. 根据对时序的讨论，提出流程优化的方案。



拓展阅读

企业流程管理

企业需要对其运作和业务流程进行详细的设计和 optimization，通过对其各项工作流程的梳理，提高企业自身的运作效率、降低能耗，使企业在成本、质量、服务等方面得到改善。

例如，企业的人力资源部门在接到招聘要求后，需要完成以下流程：明确招聘要求、开展招聘、面试应聘者、协商薪资及合同、迎接新员工报到。而其中“面试应聘者”还可以进一步分解

为更具体的步骤：面试时间安排、人员初试、用人部门复试、发出试用通知等。这样的员工招聘流程经过了反复的优化和设计，能把合适的人在合适的时间安排到合适的岗位，使其发挥最大的潜力，为企业创造价值。看似繁杂的流程反而能够通过规范的操作为企业降低管理成本、减少劳务纠纷、节约用人成本，最终达到使企业价值不断提升的目的。

思考 & 练习

学校走廊的图书角占地形状是 $3\text{ m}\times 6\text{ m}$ 的长方形，学生在课间和中午休息时利用此处进行阅读，人数一般在 $10\sim 15$ 人。学校现在对图书角进行装修和硬件改造，希望能满足学生个性化阅读的需求。请查找相关资料，确定改造的方案，画出图书角改造的流程图，并尝试用表格的形式进一步把各环节的任务呈现出来。

提示

图书角除了有书籍，还有电脑等信息化设备可用于学生上网阅读。装修大致分为硬装和软装两部分。硬装包括墙面涂料、电线铺设和地板处理等；软装主要是图书角的各类设备的安装和摆放等。

本章小结

流程是一系列按照一定的顺序排列，以确定的方式发生或被执行，从而实现特定结果的活动的组合。每个流程都由若干环节构成，流程中的各个环节在时间上有先后顺序，这就是时序。

用特定的图形符号或文字说明来表示一系列行动或活动的图称为流程图。流程可以用文字、框图、图形和表格等形式表达。

在进行流程的设计和优化时，首先要明确流程要实现的具体目标，还要理解流程所应该遵循的内在规律，对流程的设计和优化不能违背规律。对环节的合理划分和对时序的科学安排，是在进行流程设计和优化过程中的重要步骤。

本章知识结构如图2-28所示。

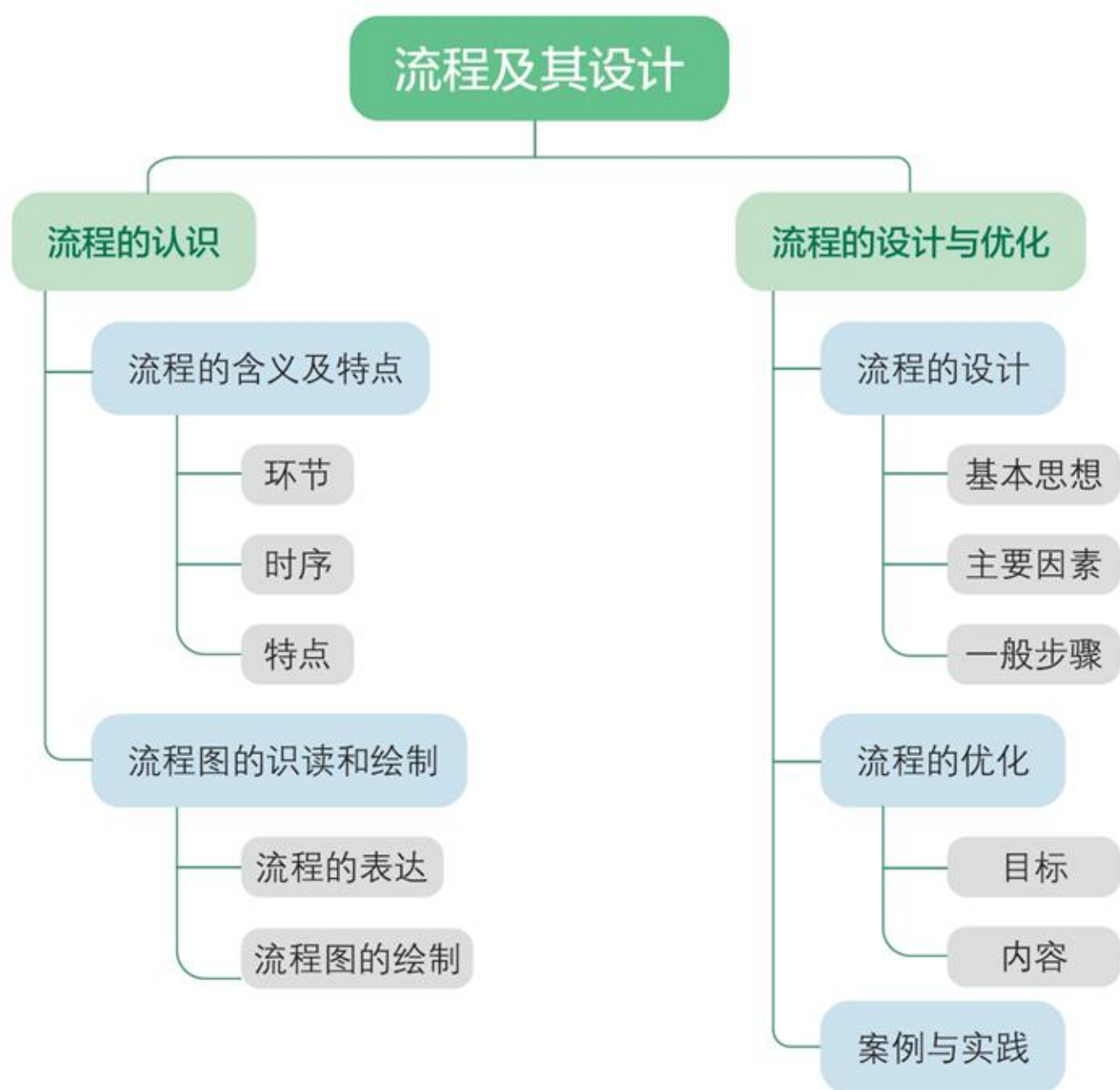


图2-28 本章知识结构

本章学习评价表

学科 核心 素养	课程内容/实践项目	评价指标	评价方式		
			自评	互评	师评
技术 意识	流程的含义及特点	理解流程的含义			
		理解流程具有的特点			
	流程的表达	了解流程表达的形式			
	流程的设计	了解流程设计的基本思想			
工程 思维	时序	知道工程中哪些时序是可颠倒的，哪些是不可颠倒的（举例）			
	流程设计的步骤	能就某一具体工作事项的完成设计其流程			
	房屋装修流程	了解房屋装修的一般流程			
创新 设计	流程的优化	能对某一具体流程进行优化			
图样 表达	流程图的绘制	能就某一具体流程绘制流程图			
物化 能力	图书角改造方案	能根据要求完成图书角改造的方案设计			

等级标准：A 优秀、B 良好、C 合格、D 待改进。

第三章 系统及其设计

“系统”指结构性或功能性事物的集合，如生态系统、计算机系统、文化系统、经济系统。可以说，大到宇宙，小到原子，从自然界到人类社会，系统无处不在。

在本章中，同学们将学习系统的构成、分类及主要特性，了解系统分析的一般过程，培养技术意识和工程思维；通过对系统优化和设计的学习以及系统设计的案例实践，培养创新设计、图样表达和物化能力。

第1节 系统的认识

第2节 系统分析

第3节 系统的优化和设计



第 1 节 系统的认识



学习目标

1. 理解系统的概念和基本构成。
2. 了解系统的分类和主要特性。
3. 了解生产生活中的典型系统案例。

海洋中的动植物、浮游生物及其生存所依赖的海洋环境，被称为海洋生态系统；当我们出行的时候，不论选择何种交通工具，都要接触到交通系统；手机通信、智能家居、大数据技术的发展，得益于其背后网络系统效率的提升；而我们的人体，则包括运动系统、消化系统、神经系统等多个系统。如图 3-1 所示，它们为什么能被称为系统？它们有什么共通之处？



(a) 网络系统



(b) 交通系统



(c) 海洋生态系统



(d) 人体消化系统

图 3-1 一些生活中常见的系统

1.1 系统的概念及基本构成

一、系统的概念



案例

电冰箱的系统构成

电冰箱是目前家庭生活中存放食物的主要电器之一，它可以在箱体内维持恒定低温的环境。从系统的角度看，电冰箱除了存放食物的箱体，主要可分为制冷系统和电气系统。

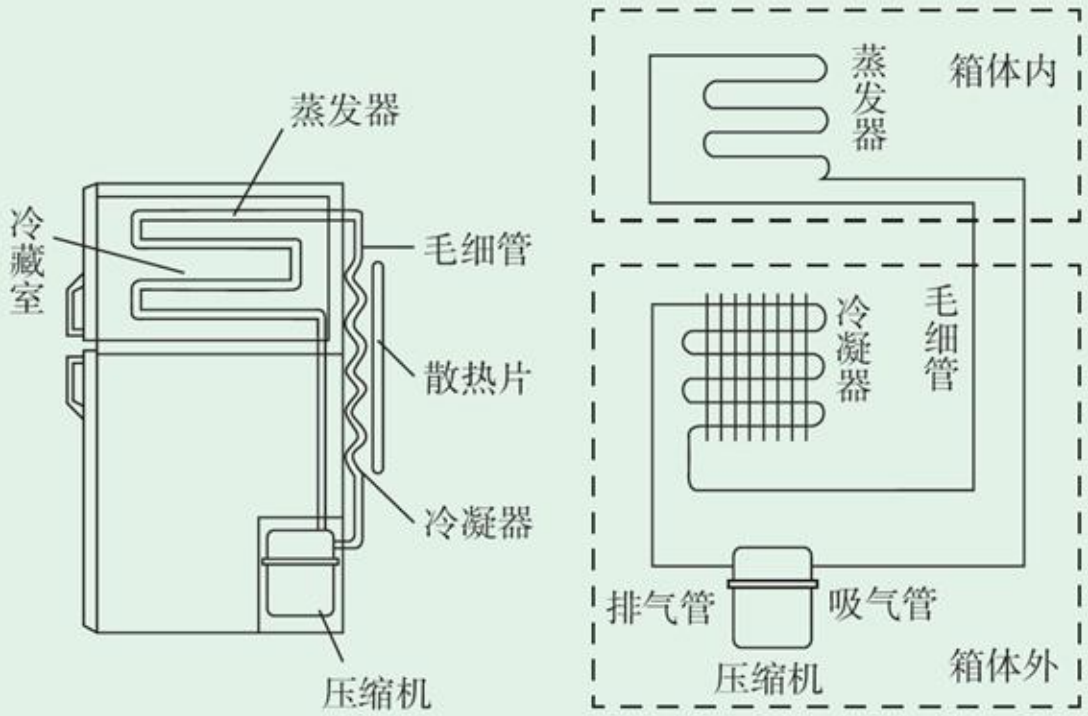


图3-2 电冰箱制冷系统示意图

电冰箱制冷系统主要由压缩机、蒸发器、冷凝器、毛细管以及制冷剂等构成，如图3-2 所示。蒸发器位于箱体内，电冰箱工作的时候，制冷剂在蒸发器内吸收热量而汽化，从而使箱体温度降低。随后制冷剂被压缩机送入冷凝器，冷凝器位于箱体之外，制冷剂在冷凝器中释放热量，最后再经过毛细管重新以液体形式进入蒸发器。如此循环，通过制冷剂把箱体温度热量带到箱体外。电冰箱制冷系统的构成可以用图3-3 表示。

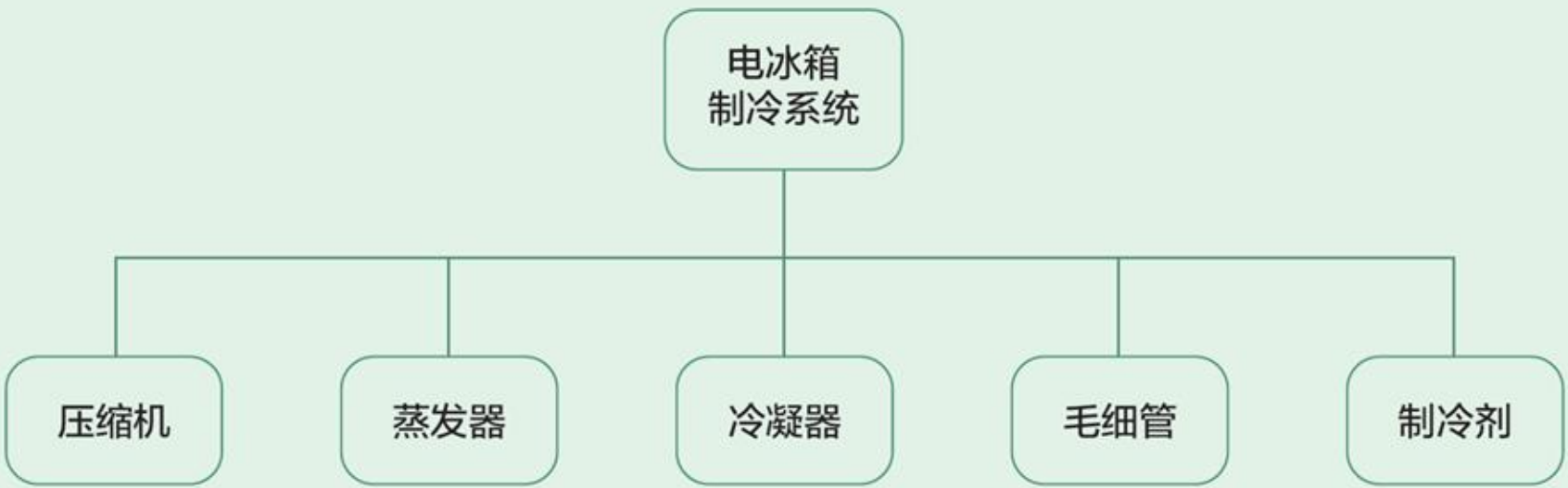


图3-3 电冰箱制冷系统构成

电冰箱电气系统通常包括温控器、照明灯、门开关、压缩机、启动继电器及保护继电器等部分，如图3-4所示。温控器用于实现冰箱内温度的测量和控制；照明灯和门开关通常在同一支路中，当冰箱门打开时，冰箱内的照明灯会亮起，而当冰箱门关闭后，照明灯会熄灭；启动继电器则根据温控器发出的信号控制压缩机的工作。一些功能更丰富的电冰箱的电气系统还有定时器、数字显示器、化霜温控器、加热器等部分。

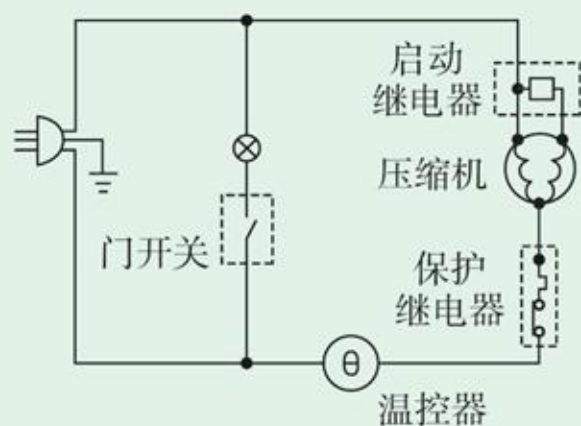


图3-4 电冰箱电气系统示意图

电冰箱的电气系统和制冷系统协同工作，使电冰箱具有维持恒温环境的功能。

从上述案例可以看出，系统是由相互作用、相互依赖的若干组成部分构成的具有特定功能的有机整体。

二、系统的基本构成

一个系统可以分解为若干个子系统，各个子系统之间相互依赖、相互作用，如上述电冰箱的制冷系统和电气系统，都是电冰箱的子系统。每个子系统又可以进一步分解为更小的子系统，如温控器、压缩机都属于电气系统的子系统。系统分解的最后层次（或基本单元）被称为构成系统的要素。要素具有不可再分性，如上述电冰箱制冷系统中的制冷剂、电气系统中的照明灯都属于要素。

讨论 & 交流

与案例中电冰箱的基本构成相比较，你家所使用的电冰箱还有哪些功能？分别是由哪些子系统提供的？查阅产品说明书等资料，尝试画出家中电冰箱的系统构成。

三、系统应具备的基本条件

依据上述系统的定义，系统需要具备如下三个基本条件。

（1）系统由两个或两个以上的要素构成，要素与要素之间存在着特定的联系。也就是说，系统不是一堆要素的简单堆砌，构成系统的各要素间存在着相互依存、相互作用的联系。

（2）系统具有总体的功能，构成系统的各子系统（或要素）具有各自的子功能，系统会具有不同于子系统（或要素）的功能。例如，在电冰箱的实例中，单独的电气系统或单独的制冷系统都不具有在箱体内维持恒定温度的功能，而两个子系统要素如制冷剂、

照明灯等也不具备整台电冰箱的功能。可以说，系统具有不同于各个构成要素的新功能。

(3) 系统有一定的边界，使系统能从其所处的外界环境中分离，系统可以通过边界与外界环境发生物质、能量、信息等交换，这种交换，既包括从外界环境输入到系统，也包括从系统输出到外界环境。

讨论 & 交流

请在图3-5中标出自行车的如下部件，并将其填写在下列各子系统中，同时分析各子系统的功能：车轴、辐条、轮圈、轮胎（包含内胎和外胎）、脚踏、曲柄、链轮、链条、中轴、飞轮、刹车手把、刹车线、刹车器、车把、前叉。

车轮子系统：_____。

传动子系统：_____。

刹车子系统：_____。

转向子系统：_____。



图3-5 自行车的系统构成

1.2 系统的分类及主要特性

一、系统的分类

在自然界和人类社会中存在着各种具有不同功能和性质的系统。为了便于对系统的功能和性质进行研究，人们根据不同的标准对系统进行了分类。

1. 自然系统与人造系统

根据系统的起源或形成来源，系统可以分为自然系统 and 人造系统。自然系统是指由自然物（植物、动物、矿物等）和（或）自

然过程所构成的系统，如海洋生态系统、草原生态系统等。人造系统是人类为了实现某种目的或功能而建造的系统，如钟表、汽车、学校、城市、交通系统等。

由于人类可以运用科学技术对自然系统进行改造，即加入人造系统的要素，因此我们周围大多数系统既含有自然系统又含有人造系统，是由二者共同构成的复合系统。但是值得注意的是，有些改造自然系统的活动会对自然系统造成破坏。例如，有些活动会引起环境污染或破坏生态平衡。大自然是人类赖以生存发展的基本条件。尊重自然、顺应自然、保护自然，是全面建设社会主义现代化国家的内在要求。必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，站在人与自然和谐共生的高度谋划发展。

2. 实体系统与概念系统

根据系统存在的形式，系统可以分为实体系统和概念系统。实体系统的构成要素为实体，如动物、植物、人造产物等，森林生态系统、城市、汽车等都属于实体系统；而概念系统则由非物质实体（如概念、

原理、程序、方法、制度等）为构成要素，如知识系统、道德体系等都属于概念系统。

在很多情况下，实体系统和概念系统经常是同时存在的。例如，在计算机网络系统中，既包括计算机、通信设备等实体系统，也包括计算机的操作系统、网络交互协议等概念系统。因此，实际的系统往往是实体系统和概念系统的复合系统。例如，图3-6所示的图书馆，既包括书架、藏书等实体，也包括图书编目及分类管理系统等概念系统。



图3-6 图书馆

3. 开放系统与封闭系统

根据系统与外界环境之间的关系，系统可以分为开放系统和封闭系统。开放系统是指系统与外界环境之间存在物质、能量或信息的交换，如工厂、商业系统、生态系统等。封闭系统是指系统通过边界与外界环境隔开，系统与外界环境之间不存在任何形式和内容的交换。

在理论情况下，封闭系统完全与外界隔离，而实际上完全与外界不存在交换的系统是不存在的，因此通常情况下，我们把在一定时间内不依赖外界环境，仅依靠内部各个子系统之间的均衡维持自身稳定运行的系统称为封闭系统，如已装入电池的时钟、按照预先

设定好的程序自动运行的机械等。

4. 静态系统与动态系统

根据系统的状态和时间的关系，系统可以分为静态系统和动态系统。动态系统的结构或状态会随着时间而发生改变，静态系统的结构和状态则不随时间发生变化。

事物总是运动变化的，系统的状态也随时间的改变而不断变化，绝对的静态系统是不存在的。例如，一年中森林生态系统的状态随着季节的改变而变化，一天中交通系统的状态随着出行人数的变化不断发生变化等。我们常说的静态系统，通常是指在一定条件下，一定时期内维持静态。此外，当系统内部各要素之间达到某种平衡时，虽然系统的宏观状态没有发生变化，其内部各要素之间的平衡仍然是动态的。例如，一所学校某年毕业的学生人数和新入学的学生人数相同，则学校总的学生人数保持动态平衡。这种维持动态平衡的系统宏观上表现为稳定状态。

讨论 & 交流

1. 举例说明生产和生活中有哪些会对自然系统产生破坏的行为。如何能够更合理地利用自然系统，实现自然系统和人造系统的和谐发展？
2. 以你在生活中接触到的系统为例，分析哪些是实体系统，哪些是概念系统。建议结合子系统的概念进行分析。
3. 你在日常生活中还接触过哪些动态平衡的案例？

二、系统的主要特性

根据上述系统的定义和分类，我们可以归纳出系统具有以下主要特性。

1. 整体性

系统作为一个整体，不是其各构成要素的简单堆砌或叠加，“系统”与“要素的总和”之间存在差别。当若干要素按照某种方式相互联系形成一个系统时，系统会具有各要素所没有的新功能，这是系统整体性的表现；而如果只是把若干要素无规则拼凑或叠加，并未产生新的功能，这只是要素的总和，不能称为系统，就像把砖头、水泥、黄沙等建筑材料堆在一起并不能成为一幢房子。当各个要素构成一个系统时，一些新的功能会涌现出来，因此，系统的功能大于其构成要素功能的总和。

2. 相关性

构成系统的各要素之间、系统与环境之间都存在着关联，它们相互依赖并相互作用。以人体系统为例，每个器官或子系统都不能离开人体这个整体而存在，各个器官和组织的功能和行为影响着整个人体的功能和行为，而外界环境（冷热、降雨等）的变化，也会对人体系统产生影响。

3. 目的性

任何系统都具有一定的功能，可以满足一定的需要，这也使得系统的存在具有目的性。例如，人体的呼吸系统可以实现人体与外界环境的气体交换，城市交通系统存在的目的是为市民出行和货物运输提供服务。

4. 环境适应性

任何系统都是处于一定的环境之中的，系统和环境之间存在着物质、能量、信息的交换，外界环境的改变，也会引起系统状态的变化，进而影响系统内部各要素之间的相互作用。例如，当环境温度过高时，人体血液循环系统加速工作，人体内的水分通过汗液的形式蒸发；在这一过程中，不仅心跳加快，而且皮肤的血管舒张，使皮肤血流量增加，从而内脏血流量下降，而这一过程会导致体内器官出现一定程度的缺氧。一个好的系统，应该具有优异的环境适应性和自我调节能力，能够根据环境的改变进行调节，从而恢复和保持其原有的功能。

讨论 & 交流

选择你在生活中接触到的某个系统（如公共交通系统），分析其上述四个特性。

1.3 系统的案例

指针式石英表是我们生活中经常用到的计时器，接下来，我们就以它为例来了解系统的构成。

指针式石英表的系统构成如图3-7所示，它主要由信号产生及驱动电路子系统、电-机械驱动子系统、机械子系统三部分组成。信号产生及驱动电路子系统的主要功能是产生精准的正负交替的脉冲信号，这一系列脉冲信号被送入电-机械驱动子系统；电-机械驱动

子系统接收电信号，输出机械能，带动步进马达转动；不断转动的步进马达通过齿轮的啮合带动机械子系统中的传动轮系转动，最后像机械表一样靠时、分、秒三根表针及日历（周历）等附加机构，指示出正确的时间和日期。

图 3-8 所示为指针式石英表的实物图。

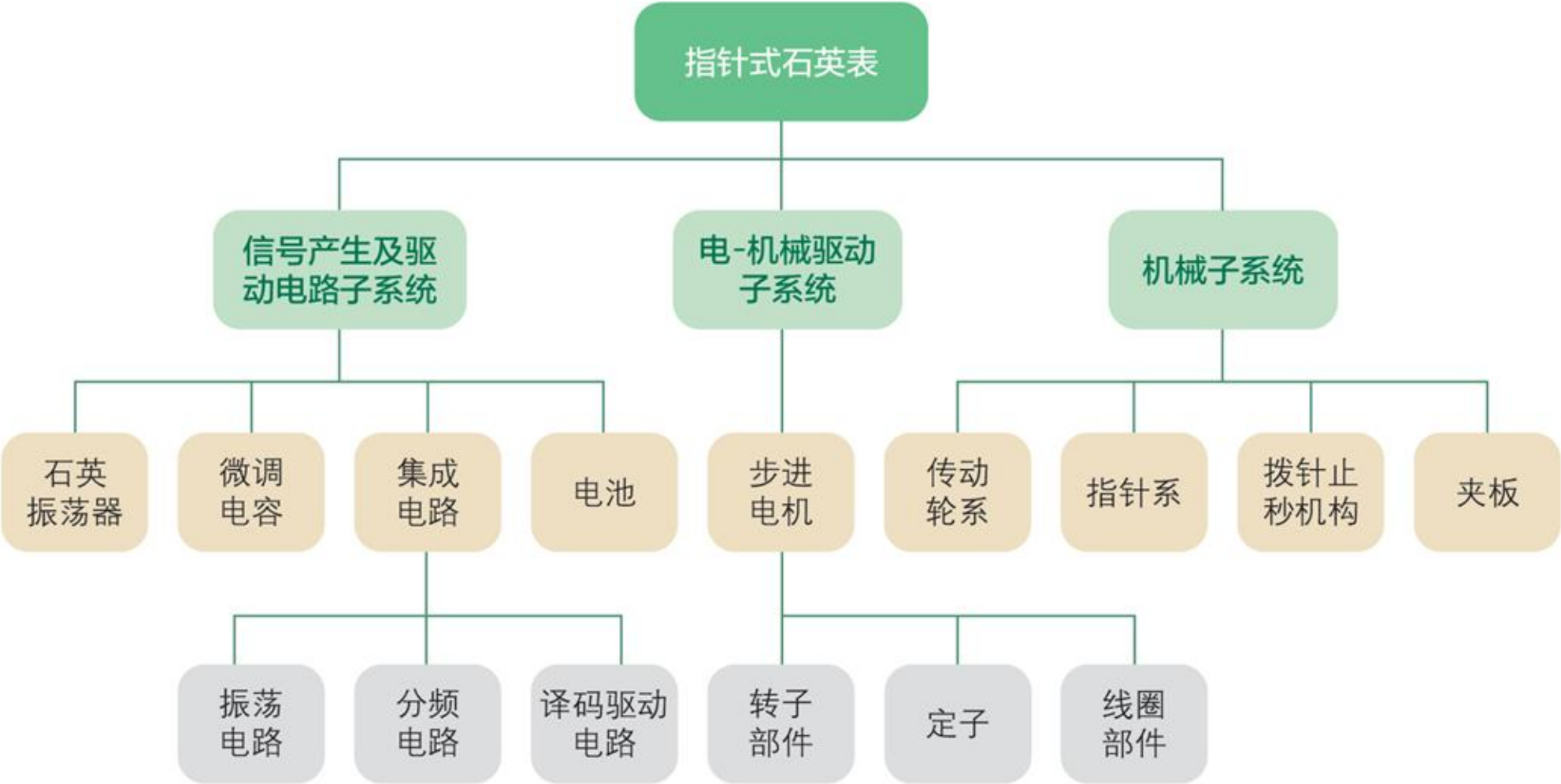


图 3-7 指针式石英表的系统构成

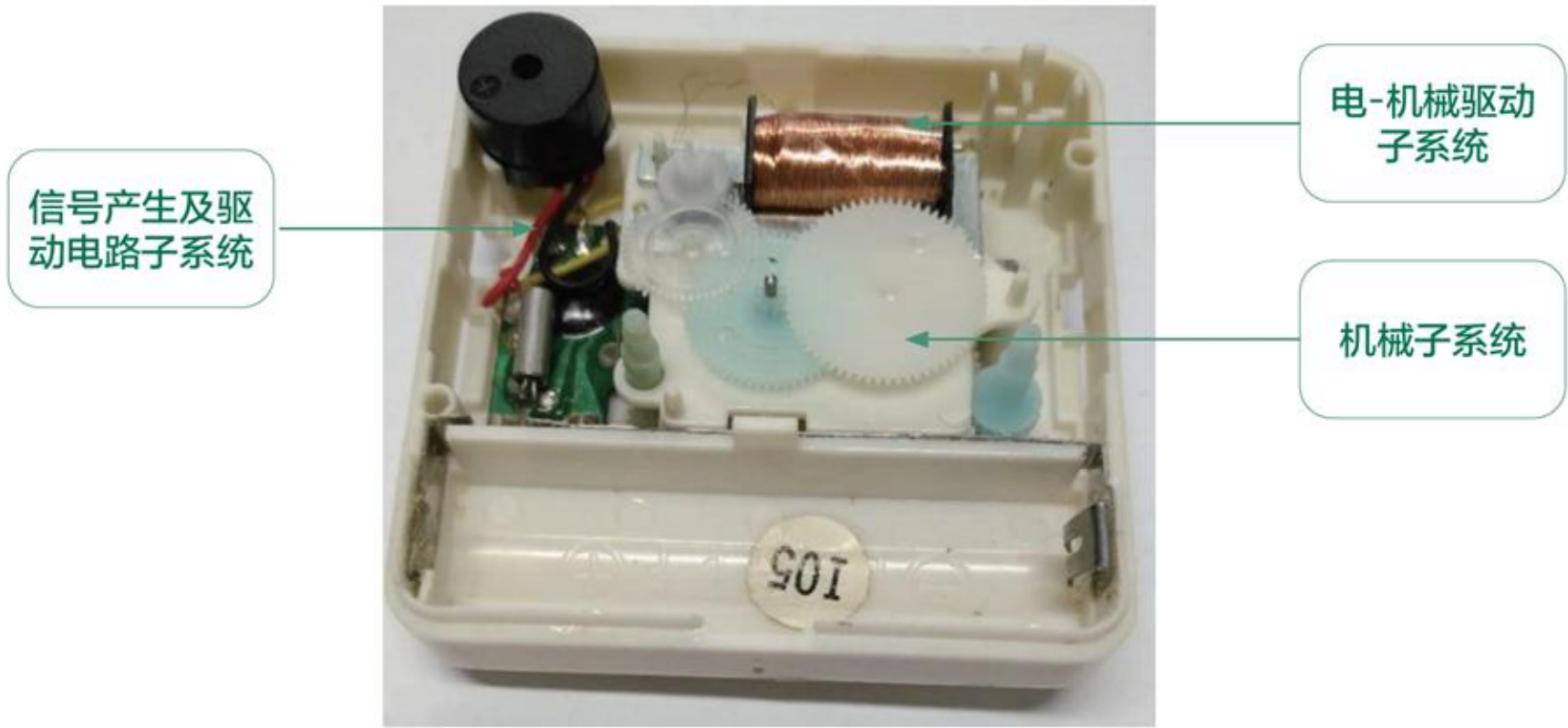


图 3-8 指针式石英表的实物图

构成指针式石英表的三个子系统中，信号产生及驱动电路子系统又由石英振荡器、微调电容、集成电路及电池等部分组成。

电-机械驱动子系统由步进电机组成，步进电机能够按照输入的电信号把电能转变为机械能。步进电机又由转子部件、定子、线圈

部件组成，永久性磁钢材料制成的转子压紧配合在转子齿轴上，磁钢本身产生的磁场和进入线圈的电气信号形成的磁场相互作用使转子转动，并且带动一系列的传动齿轮转动。

机械子系统则包括传动轮系、指针系、拨针止秒机构和夹板四个部分，各部分功能如下。

（1）传动轮系：按照已经确定的传动比，通过各个齿轮之间的啮合传动把步进电机的输出力矩传送到指针系，是步进电机与指针系之间的中介机构，该轮系包括转子齿轴、传动轮部件、秒轮部件和过轮部件。

（2）指针系：把传动轮系传递来的机械动作转换成时针、分针、秒针三根表针的转动，从而在表盘上准确地指示时间。这一系统包括分轮、时轮、跨轮、跨轮压片、表盘、时针、分针和秒针。

（3）拨针止秒机构：用来拨动时、分针以对准时间，起到止住秒轮（秒针）转动等作用的机构，包括柄轴组件、拉档、离合杆、离合轮、压簧和止秒复位杆。

（4）夹板：指石英表中所有零部件的支承件或定位件，是所有零部件直接定位与运动的基础构件，包括主夹板、上夹板和下夹板。

讨论 & 交流

同学们在第一章详细学习了人字梯的设计，如果从系统的角度来分析，人字梯具有什么功能？它由哪些子系统或要素构成？各子系统的功能是什么？请参照图3-7画出人字梯的系统构成。此外，人字梯可以用在哪些系统中？请根据人字梯的功能，举例说明它在其他系统中是如何发挥作用的。

设计 & 操作

实践目的

通过水箱注水管系统的实例，了解系统的构成与系统的功能。

实践准备

水箱注水管一套。

实践过程

1. 参照图3-9，认识注水管的各组成部分。
2. 分析各部分的功能。
3. 尝试画出注水管的系统构成。

实践总结

根据绘制的系统构成图，分析各部分（子系统或要素）之间如何协调工作，如何实现水位自动控制的功能。

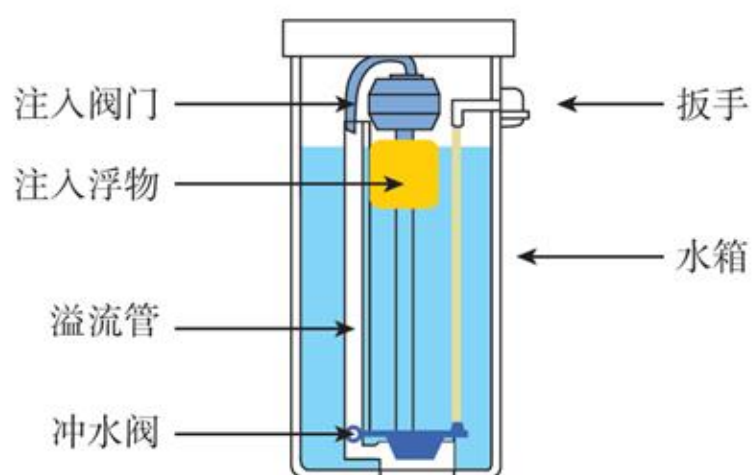


图3-9 水箱注水管系统示意图



都江堰

都江堰（图3-10）位于四川省的都江堰市，是秦朝蜀郡太守李冰父子在前人的基础上组织修建的大型水利工程，由分水鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口等部分组成，两千多年来一直发挥着防洪、灌溉的作用，用今天的系统工程思维再来解读我们祖先的创造，仍然能震撼人们的心灵。都江堰水利工程的功能主要可以概括为分水、分沙和防洪

三个方面。三个功能是分三级实现的，第一级是通过鱼嘴实现分流、分沙的功能；第二级是以飞沙堰为主，以离堆、宝瓶口、人字堤为辅实现泄洪排沙；第三级则是利用宝瓶口的截面控制流量，配合岁修制度实现清淤。从中可以看出，都江堰水利工程系统的功能分别由三个子系统承担。

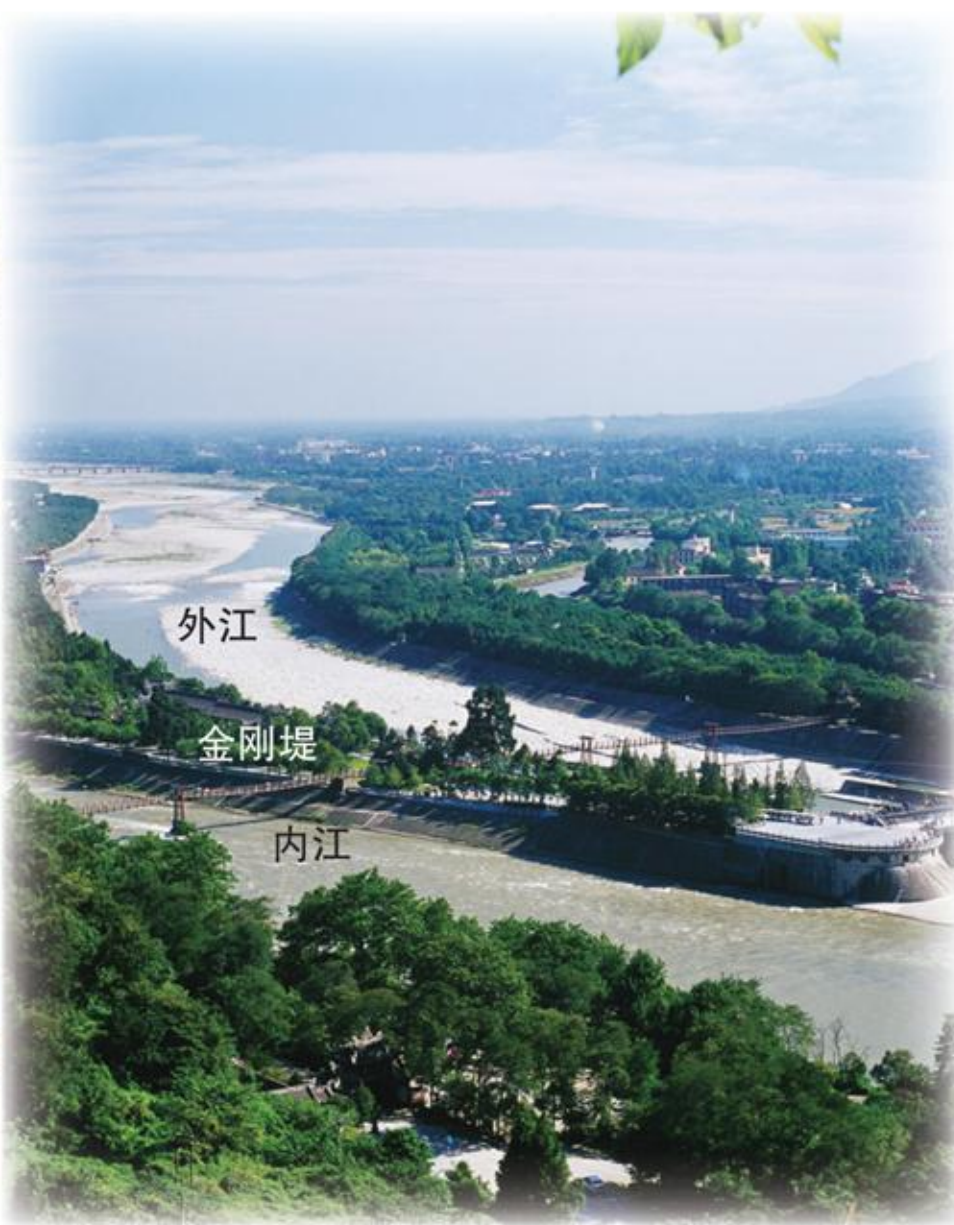


图3-10 都江堰水利工程

洋山深水港

上海国际航运中心洋山深水港（图3-11）位于杭州湾口、长江口外、上海南汇芦潮港东南，距离南汇芦潮港约30 km，通过总长约32.5 km的东海大桥连接上海陆地，是水深15 m以上的深水港。洋山深水港规划总面积超过25 km²，包括东、西、南、北四个港区，经过系统地设计，四个港区分别具有不同的功能。洋山深水港于

1996年5月正式开展港区选址论证，自2002年起开工建设，2005年12月洋山深水港一期工程顺利开港，为中国最大的集装箱深水港。由于洋山深水港的加入，2010年上海港集装箱吞吐量首次超越新加坡成为全球最繁忙的集装箱港口。2017年12月洋山深水港第四期工程开港，采用我国自主研发的码头智能生产管理控制系统和智能控制

系统，是全球单体规模最大的全自动化码头。洋山深水港的不同组成部分分别具有不同的功能，各部分组合在一起，使洋山深水港拥有了现代化码头的各项功能。



图3-11 洋山深水港码头

思考 & 练习

1. 通过网络或图书馆查找资料，进一步了解洋山深水港的设计和函数。作为一个大的系统工程，洋山深水港包括哪些子系统？各子系统具有什么样的函数？画出洋山深水港的系统构成，并展示给其他同学。

2. 同学们在生活和学习中会用到圆珠笔，请采用动手拆解和查阅资料的方法探究圆珠笔系统，并分析各部分的功能，试着画出其系统构成。

第2节 系统分析

学习目标

- 1. 了解系统分析的概念。
- 2. 掌握系统分析的一般过程和基本原则。
- 3. 能够对具体案例进行分析。

在我们的生产和生活中，需要处理很多不同种类的问题。要想合理地分析这些问题，运用科学的方法解决问题，获得最优的解决方案，就需要我们进行系统分析。

2.1 系统分析的概念

讨论 & 交流

请在表3-1中列出你从家到学校的出行方案，并填写各方案的相关数据。（提示：可以利用导航软件辅助完成）

表3-1 从家到学校的出行方案表

编号	方案细节	用时 / min	总路程 / km	步行或骑行路程 / km	费用 / 元
方案1					
方案2					
.....					

请根据表格的数据进行分析以下问题。

- （1）哪种方案用时最短？哪种方案费用最少？哪种方案的总路程最短？哪种方案的步行或骑行路程最短？
- （2）你平时上学采取哪种方案？为什么？
- （3）在什么情况下你会选择其他方案？

从上面的问题中可以看出，同学们从家到学校需要借助由道路和交通工具构成的交通系统，要想充分发挥交通系统的功能，实现我们的目标，需要运用科学合理的方法对系统进行详细的考察，收集必要的数 据，设计不同的方案并加以比较，从而得到最适合我们的一套方案或程序步骤。运用系统的思想，定性与定量相结合的方法来分析、处理问题的过程就是系统分析。系统分析可以为系统的优化和设计提供支持。

2.2 系统分析的一般过程

系统是多种多样的，这也决定了系统分析所研究的对象是多样的。因此，在进行系统分析时要根据具体的研究对象确定具体的分析

方案，不能套用某种固定的模式，但是有些基本的步骤和原则可以共同遵循。系统分析的过程一般可分为阐明问题、分析研究、评价比较三个步骤，如图3-12所示。

接下来，我们以农业生产的间作套种为例，来了解系统分析的一般过程。



图3-12 系统分析的一般过程



案例

间作套种

农业技术的发展趋势之一是提升土地的利用效率，在有限的土地面积上有尽可能多的农产品产出，从而获得较高的经济效益。间作套种（图3-13）是目前农业生产中常用的提升土地利用效率的方法之一。间作是指在一种作物的行间栽种另一种或多种作物，各种作物交替成行；套种是指根据作物的生长周期，在某种作物生长后期，行间开始播种其他作物，从而充分利用光照等自然资源。间作套种的作物选择，要根据各种作物的生长特性，以及当地的降水、气温、光照等资源，进行合理组合。我国的青海省海拔高，全年降水少，但日照充足，适宜栽种需要充足光照的作物，如小麦、玉米等。根据作物的生长周期，当地农民总结出小麦、大豆、玉米三种作物间作套种的生产方式，于前一年秋分时节播种冬小麦，次年三月上旬播种春小麦，四月中旬播种大豆，四月下旬



图3-13 间作套种

播种玉米，每种作物播种的数量、行间距、不同作物的相对位置都有一定的要求。在我国主要粮棉产区河北省，当地农民总结出小麦和棉花间作套种的生产模式，前一年十月播种小麦，次年四月种植棉花，小麦播种每5行为1幅，幅间种植2行棉花，根据土地的水肥情况适当调整株植密度。利用中草药柴胡喜阴，在遮蔽条件下生长好，而玉米在生长过程中叶片遮蔽地面的特点，我国山西省的农民总结出了粮食作物玉米和经济作物柴胡间作套种的种植模式，实现了每年收获玉米，两年到三年收获柴胡的产出模式，提升了经济效益。

1. 阐明问题

在进行系统分析时，首先需要辨明要解决的主要问题。通过分析有关论点，把要研究的问题限制在时间和能力都允许加以解决的范围内，以便弄清所研究问题的本质，确定明确的目标。在间作套种的案例中，系统的目标是提高土地利用率，使种植者获得尽可能多的农产品产出或尽可能高的经济效益。在多目标的情况下，要对这些目标进行综合考虑，避免互相矛盾或顾此失彼。例如，在进行投资规划时，既要考虑收益，又要考虑风险。

2. 分析研究

根据所确定的目标，收集与之相关的各种资料或数据，资料必须是与系统目标有关的，收集的资料必须注意其可靠性。随后进行分析研究，对照目标整理资料，找出影响系统目标的因素及其与系统功能之间的相互关系。例如，系统的输入、输出、转化关系，系统的目标（包括总目标、分目标）及其约束条件，等等。必要时可建立相应的模型。模型是对客观世界具体或抽象的描述，主要用于体现对象和过程某一方面的本质属性。例如，在物理学中把有一定体积的物体的运动用质点的运动来表示，就是一种模型。建立模型，有助于确认影响系统功能和目标的主要因素及其影响程度，确认这些因素的相关程度，确认总目标和分目标的实现途径及其约束条件，以便提出能达到目标条件的各种方案。

在间作套种的案例中，首先要了解当地的自然条件，如降水、气温、光照等，从而判断哪些作物适合在当地种植；其次要了解各作物的生长习性，如对水、肥、光照、温度等条件的需求，以及各作物的生长周期；最后根据收集到的资料，选择合适的作物进行组合，提出不同的方案。

3. 评价比较

不同的方案所需要的条件不同，其所能达到的效果也不同，这就需要通过具体的指标对方案进行综合分析评价。常见的指标包括投入资金的多少、利润的高低、人力物力的投入量、方案耗时的长短等。根据系统所要实现的目标，进行综合分析评价，最后可以获得一个或几个指标较优的可行方案。在间作套种的案例中，如果希望收获更多的粮食，可以选择粮食作物进行间作套种；如果希望获得更多的经济收入，则可以优先考虑选择价值较高的经济作物。

讨论 & 交流

2017年年底，“浙江湖州桑基鱼塘系统”通过联合国粮农组织评审，被正式认定为全球重要农业文化遗产。桑基鱼塘（图3-14）是一种将种桑养蚕和池塘养鱼相结合的高效人工生态系统。湖州当地河网密布，地势低洼，每逢雨季常有洪涝灾害。当地人民根据地区特点，把低洼的区域深挖为鱼塘，用来养鱼；挖出的塘泥堆砌在鱼塘周围，用于垫高塘基，从而减轻水患；在塘基上种植桑树，塘泥为桑树生长提供肥料；桑叶用于养蚕，出产的蚕丝用于织布，而养蚕过程产生的蚕沙可用作鱼饲料。在我国的珠三角地区，不仅有桑基鱼塘，还有果基鱼塘等农业生产模式，这些生产模式不仅实现了土地的高效利用，也实现了物质和能量的高效循环利用。

请尝试按照系统分析的步骤对桑基鱼塘系统进行分析，重点关注该系统是如何利用各子系统之间的联系实现对资源的充分利用的，并思考该模式是否适合向全国推广。

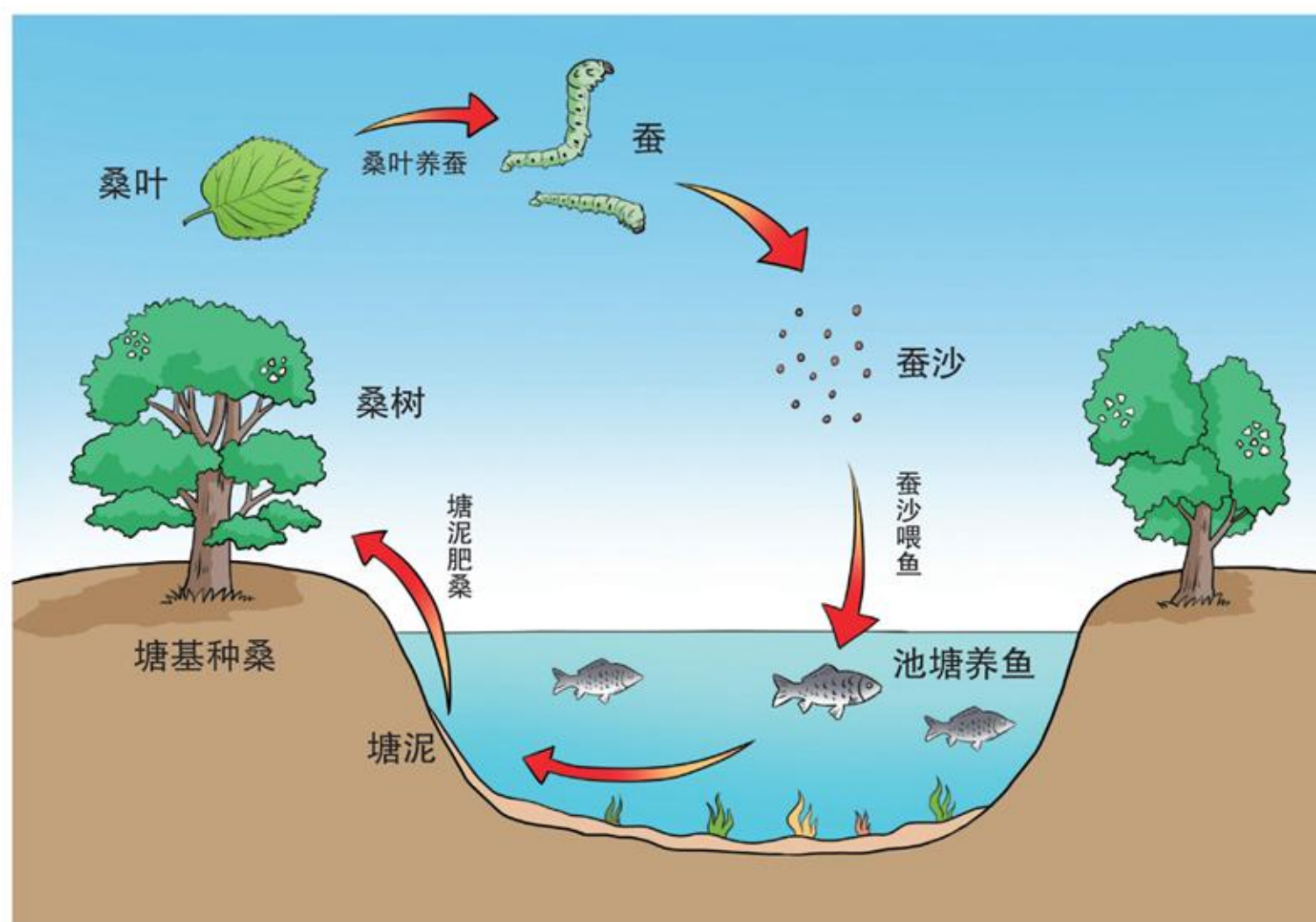


图3-14 桑基鱼塘示意图

2.3 系统分析的基本原则

1. 整体性原则

由于整体性是系统的主要特性之一，因此在进行系统分析时，首先要遵循整体性原则。整体性原则是指分析系统问题时，要先从整个系统着手，全面地思考和解决问题，进而再考虑系统的局部；而且在进行系统分析时，不仅要考虑当前，更要关注长远。在实际的生产生活中，一些系统的设计忽略了整体性原则，只关注了局部利益，从而对整个系统产生了不良影响，例如，河流上游地区对水资源的过度开发，导致河流下游的水资源枯竭，同时使得整个流域的生态平衡遭到破坏；或者只关注眼前利益，忽略了长远发展，例如，短时间内对林木资源的无节制砍伐，不仅影响了之后若干年的木材产出，还破坏了当地动植物的生活环境，造成巨大的不良影响。



讨论 & 交流

分析以下谚语或成语所体现的整体性原则。

- (1) 磨刀不误砍柴工。
- (2) 围魏救赵。

2. 科学性原则

系统分析还要遵循科学性原则。科学性原则是指系统分析要基于科学的原理和可靠的数据，尽可能地运用科学方法进行定性或定量分析。例如，在前述的从家到学校的出行方案问题中，时间、费用等具体数据是我们规划方案的依据。



讨论 & 交流

从科学性原则的角度分析以下案例。

- (1) 水壶的壶嘴高度通常和壶身的高度一致。
- (2) 壁挂式空调通常安装在房间上部靠近天花板的位置，暖气片则通常安装在靠近地面的位置。

3. 综合性原则

系统的相关性特性决定了构成系统的各子系统之间存在着各种各样的联系，因此在进行系统分析时，还应当遵循综合性原则。综合性原则是指当系统存在多个目标时，不能片面强调某一方面，要

综合考虑、统筹兼顾。例如，城市公交线路的设计，既要考虑出行居民的人数和分布，也要考虑不同公交工具的接驳；一些工厂或企业忽略了综合性原则，过度追求生产利润，向环境排放未经处理的废气、废水，虽然短期内可以降低成本，获得更高的利润，但由此导致的环境污染会在之后相当长的时间内一直存在。

系统分析的三个原则之间相互联系，构成一个有机的整体，在进行系统分析时，要统筹考虑。例如，在开发利用自然资源时，要基于科学的数据和方法，整体评估对环境的长期影响以及对不同子系统的影响。



案例

室内电气线路系统

人们在不同的场所都要用到电器，因此需要对电气线路系统进行规划，我们以住宅的室内电气线路系统为例进行分析。

一、阐明问题

1. 目标

合理地规划室内的电气线路，在安全的前提下，尽可能让使用者感到便利，且成本尽可能低。

2. 综合规划

(1) 安全性是第一位的，因此线路系统首先要满足安全的要求。例如，在材质相同的前提下，电气线路所用导线的直径越粗，可容许的最大电流也越大，但粗导线的价格较高，因此在规划线路时，要根据负载的需求选择合适的导线。

(2) 线路系统要具有合理性。例如，强电线路会对弱电线路产生干扰，因此在规划线路时，要将强电线路和弱电线路分开，尽可能保持一定距离，强电、弱电线路交叉的区域，要采取合适的方法进行屏蔽保护。

(3) 要考虑使用的便利性。插座、开关、照明灯等设备是电气线路中必不可少的，此外，根据房间的具体功能，使用者还会有不同的使用需求。例如，客厅会有使用电视机、音响等设备的需求；厨房会有使用微波炉、电饭煲等设备的需求；卧室会有使用台灯、电脑等设备的需求；等等。因此在规划线路时，要充分考虑使用者的需求，为其提供便利。例如，卧室的照明可以采用双开关控制，两个开关分别位于卧室门口和床头，方便使用者；根据客厅不同区域的光照需求设置照明灯具；等等。虽然增加电气设备的数目可以给使用者带来便利，但过多的电气设备也会造成成本的增加，因此要根据具体情况进行规划。

二、分析研究

1. 资料收集

收集电气线路规划所需要的相关资料，如房间的平面结构图、各房间可能用到的电气设备数量和功率等。可以用表格进行记录，如表3-2所示。

表3-2 某室内电气线路系统数据记录

线路子系统	所属房间	电气设备名称	规格/数量	备注
强电系统	客厅	空调	2 kW/1 台	功率较大，需要单独的支路
		照明灯	顶灯 50 W/1 盏 壁灯 20 W/2 盏	均需要开关
		电视机	150 W/1 台	需要插座
		预留插座	五孔/2 个	(拟安装位置)
	卧室	照明灯	顶灯 30 W/1 盏	需要两路开关控制
		台式计算机	180 W/1 台	需要插座
		空调	1.5 kW/1 台	功率较大，需要单独的支路
		预留插座	(规格/数量)	(拟安装位置)
	卫生间	照明灯	顶灯 20 W/1 盏 镜前灯 10 W/1 盏	均需要开关
		排气扇	100 W/1 台	需要开关
	厨房	照明灯	顶灯 50 W/1 盏	需要开关
		抽油烟机	150 W/1 台	需要插座
		微波炉	700 W/1 台	需要插座
		电饭煲	800 W/1 台	需要插座
		电冰箱	150 W/1 台	需要插座
		预留插座	(规格/数量)	(拟安装位置)
	其他			
弱电系统	客厅	有线电视	接口 1 个	电视墙位置
		网络	接口 2 个	电视墙、沙发旁
		电话	接口 1 个	沙发旁
	卧室	网络	接口 2 个	床头、书桌旁
		电话	接口 1 个	书桌旁
	其他			

2. 分析数据并提出方案

对收集到的数据进行分析，提出方案。在这一过程中，要遵循整体性、科学性、综合性的原则。例如，从之前收集到的数据中可以看出，空调的功率较大，应与照明等支路分开，采用单独的支路，并根据功率等数据选择合适的导线等材料；卧室、卫生间的照明及插座等总功率较小，可以设计在同一支路中，并采用直径较小的导线，从而节约成本；厨房电器的功率较大，要根据总功率选择合适的导线；等等。如图3-15所示为一种强电系统的规划方案。



图3-15 强电系统各支路方案

也可以根据情况提出不同的方案，如把所有的照明作为一个支路、插座作为一个支路等。通常情况下，还要根据房型把各方案以图纸的形式展现出来，以便对方案进行进一步完善。

三、评价比较

对各方案进行评价比较，分析各方案的优缺点。例如，某方案考虑到使用者的便利，预留插座较多，但成本较高；某方案成本较低，但使用起来灵活性不高；等等。最终根据使用者的需要选择合适的方案。



拓展阅读

系统工程

20世纪50年代，美国的两位教授H. H. 古德和R. E. 麦克霍尔出版了第一部名为《系统工程》的著作，此后“系统工程”一词作为专门术语被逐渐使用。《中国大百科全书》中对系统工程的

描述是：系统工程是从整体出发合理开发、设计、实施和运用系统的工程技术，是系统科学中直接改造世界的工程技术。系统工程的研究对象是具有普遍意义的系统，特别是大系统，其典型

案例是美国的阿波罗登月计划，该计划涉及120所研究机构、2万多家企业、工程技术人员40多万人，如何使这些人员协调工作，确保工程中所涉及的1 000多万个零部件的质量，以及整个登月计划的成功，需要从系统的角度进行整体的设计和规划。系统工程涉及工程科学、信息科学、计算机科学、应用数学，乃至人文社会科学等多个学科的交叉。我国的大型科学工程——如风云

系列卫星、C919大飞机、500 m口径球面射电望远镜等——都是我国在系统工程领域的代表性成果。目前，系统工程已经扩展到生产生活的多个行业和领域，如医疗健康系统、物流系统、人工智能与大数据系统等。而且随着计算机运算能力的提升，越来越多的模型建立和分析工作可以借助计算机完成，这也使得基于模型的系统工程成为未来发展的主要趋势之一。



思考 & 练习

2018年建成通车的港珠澳大桥，东接香港特别行政区，西接广东省珠海市和澳门特别行政区。大桥采用桥、岛、隧三位一体的建筑形式，在设计之初就考虑了水陆空立体交通线互不干扰、行车安全、环境保护等因素。

位于长江入海口的上海长江隧桥，是上海长江大桥、上海长江隧道的统称，采用“南隧北桥”方案，不仅实现了崇明岛、长兴岛与上海中心城区的双向六车道交通，还确保了长江水道的通航需求。

请分组对港珠澳大桥和上海长江隧桥进行调研，按照本节学习的系统分析的一般过程尝试对两项工程进行对比分析，总结这两项工程的共同点和不同之处。

第3节 系统的优化和设计

学习目标

1. 掌握系统优化的概念和系统设计的基本原则。
2. 了解系统优化和设计的一般过程。
3. 学会简单系统的设计方法。

系统的存在具有目的性，系统具有一定的功能，要使系统发挥最大功效，就要对系统进行合理的设计。而系统的分析和优化则为系统的设计提供必要的支持。在系统分析的过程中，可以发现系统的目标及约束条件；通过在系统的框架内针对目标进行的优化，可以获得最优的系统设计方案。

3.1 系统的优化

一、系统优化的概念

案例

把6个长9 cm、宽6 cm、高4 cm的长方体放在一个纸箱中，6个长方体如何摆放，才能使纸箱的用料最少？

纸箱的用料，对应的是6个长方体摆放后的堆积体表面积。每个长方体的表面积为 $2 \times (9 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} + 6 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} + 4 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}) = 228 \text{ cm}^2$ ，这个数值是不变的。在摆放过程中，相邻长方体之间相互接触的两个面对堆积体的表面积没有贡献，而且长方体三组平行面的面积各不相同。因此，这个问题其实是在考察6个长方体应该如何摆放，可以最大限度地把6个长方体的某些表面隐藏在堆积体内部，从而使最终获得的堆积体表面积最小。按照这一思路，先将面积最大的面（ $9 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ ）两两相对，当三个长方体排在一起之后，面积最大的面由3个面积为 $9 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$ 的面连在一起组成；此时把两组各三个长方体摞在一起，则可以使最终堆积体的表面积最小。最终得到的堆积体是一个大长方体，其表面积为 720 cm^2 。如图3-16所示。

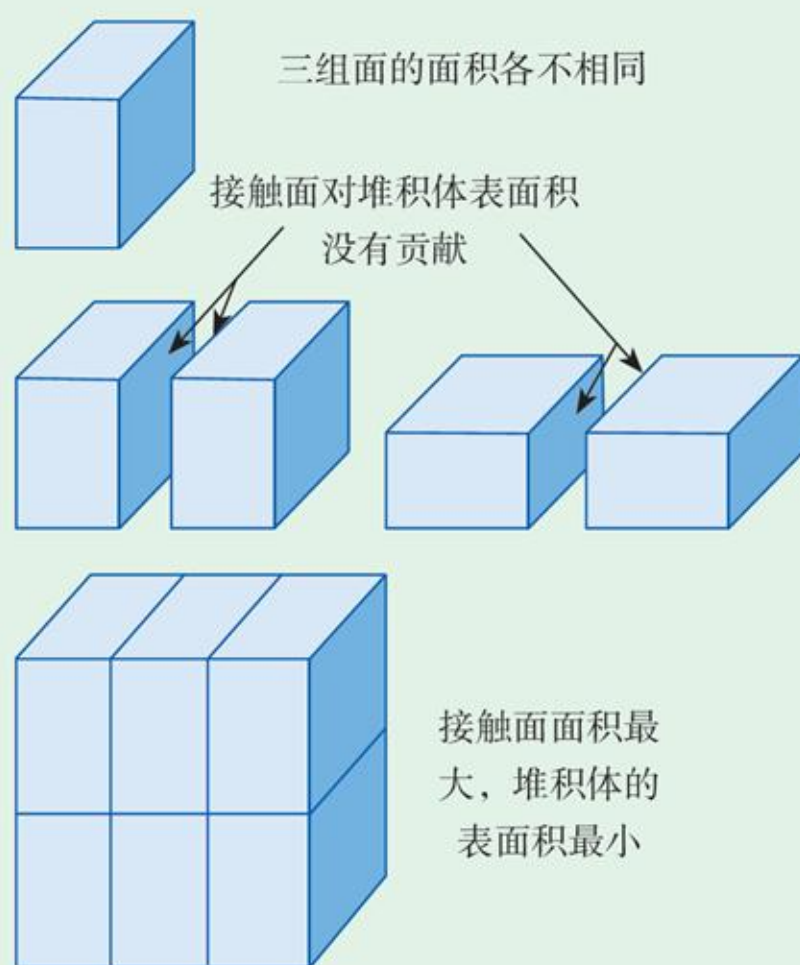


图3-16 立方体堆积示意图

从上述过程中可以看出,在不改变长方体的形状和体积的情况下,通过改变它们的摆放方式,可以使堆积体的表面积发生变化。这种在一定制约条件下,通过一定的手段和方法,使系统获得最佳功能或最佳效益的过程称为系统的优化。

由于系统自身处于某种具体环境中,因而在系统优化的过程中,会受到一定的条件影响和制约。此外,系统的各要素之间、系统的要素与整体之间也存在着相互作用。例如,系统与环境之间、系统的各要素之间、系统的要素与整体之间的连接、协调乃至矛盾、冲突等状况,会影响系统的有序性和整体的运行效果,这些因素共同构成了系统优化过程中的约束条件。系统优化的实质,就是在一定的约束条件下,通过改变变量,实现系统目标函数的最大化(或最小化)。

讨论 & 交流

在上述案例中,若长9 cm、宽6 cm、高4 cm的长方体是某饮料公司生产的饮料盒,现在该公司希望在不改变饮料盒容量的情况下,通过改变盒子的长度、宽度、高度,使容纳6盒饮料的包装箱的表面积达到最小,那么新的饮料盒尺寸应该如何设计?

二、系统优化的一般过程

通常,我们通过优化的目标与变量之间的关系计算出目标值,从而得到最优解。在有些情况下,由于系统过于复杂,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。

能使系统达到最优化的目标的各种解决方法,称为最优化方法。系统优化的方法是多种多样的,有的可以运用数学模型求得精确解,有的通过科学的估算、试验等方法实现。通常情况下,无论运用怎样的最优化方法,都需要经过若干次验证和完善,才能达到最优化的目的。

系统优化的一般过程如图3-17所示。

- (1) 首先明确需要进行优化的问题。
- (2) 根据需要优化的问题提取目标,收集与目标相关的资料。
- (3) 分析影响目标的主要因素以及各因素之间的关系,确定约束条件,从而建立求解最优化问题的数学模型。
- (4) 分析模型,选择合适的最优化方法。
- (5) 分析求解,获得最优解,必要时对最优解进行验证。



图3-17 系统优化的一般过程

三、系统优化的案例——货物运输方案的优化

某运输车可以装载的总质量为1 300 kg，现在有A、B、C三种货物，质量分别是300 kg、400 kg和500 kg，价值分别是4 000元、6 000元和5 000元。每种货物均有两件，请问在一次运输中，选择运载哪些货物可以在不超载的前提下得到最大的总价值？

1. 明确问题

本案例需要优化的是货物的组合方案，假设运输A、B、C货物的数量分别为 x 、 y 、 z 个，根据已知条件可以做出表3-3。

表3-3 货物信息表

货物	质量/kg	价值/千元	数量/个
A	$m_A=300$	$V_A=4$	x
B	$m_B=400$	$V_B=6$	y
C	$m_C=500$	$V_C=5$	z

2. 提取目标

不同货物的价值不同，本案例的目标是获得最大的总价值（设为 V_T ），即 $V_T=V_Ax+V_By+V_Cz$ 最大。

3. 查找约束条件，建立模型

- （1）运输车的总装载量不能超过1 300 kg，即 $m_Ax+m_By+m_Cz\leq 1\,300$ ，此为约束条件1。
- （2）每种货物的数量均为两个，即 $x,y,z\leq 2$ ，此为约束条件2。
- （3） x 、 y 、 z 只能为不小于0的整数，此为约束条件3。

4. 选择最优化方法

由于货物数量较少，选择枚举法。当 $x+y+z\leq 2$ 时，虽然方案可以满足约束条件，但运输车的装载量未被充分利用，所得总价值不是最大；当 $x+y+z>2$ 时，所有满足约束条件的方案如表3-4所示。

表3-4 满足条件的方案列表

方案	x	y	z	V_T
方案一	2	1	0	14
方案二	2	0	1	13

续表

方案	x	y	z	V_T
方案三	1	2	0	16
方案四	0	2	1	17
方案五	1	0	2	14
方案六	1	1	1	15

5. 获得最优解

从上表可以看出，方案四的 V_T 值最大，即运输车运输两件B货物和一件C货物时的总价值最大，为17 000元。



设计 & 操作

实践任务

为桌子生产任务进行系统优化。

实践目的

通过实践，了解系统优化的方法。

实践准备

某家具厂可以生产甲、乙两种规格的桌子，两种桌子都采用机器与人工相结合的方式生产。对于机器生产环节，每生产一件甲规格的桌子需要使用机器6 h，每生产一件乙规格的桌子需要使用机器8 h；对于人工生产环节，每生产一件甲规格的桌子需要使用人工10 h，每生产一件乙规格的桌子需要使用人工5 h。甲规格桌子的售价是800元/张，乙规格桌子的售价是500元/张。该工厂的机器工时总量是120 h，人工工时总量是100 h。分析该家具厂要制订怎样的生产计划，可以使产品的总销售额达到最大。

实践过程

1. 分析：假设生产甲规格桌子的数量为 x 张，生产乙规格桌子的数量是 y 张。根据已知的信息，我们可以做出表3-5。

表3-5 桌子生产任务信息表

项目	机器工时/h	人工工时/h	桌子售价/百元	桌子数量/张
甲规格桌子	6	10	8	x
乙规格桌子	8	5	5	y
工时总量	120	100		

2. 构造目标函数：家具厂的目标是获得最大销售额，从表3-5可知，两种产品的售价总额为 $8x + 5y$ ，该问题即为求目标函数 $M = 8x + 5y$ 的最大值。

3. 寻找约束条件：家具厂中的机器工时总量是120 h，两种规格的桌子采用机器生产所消耗的机器工时总量不能超过120 h，即 $6x+8y \leq 120$ ，此为约束条件1；同理，根据家具厂中的人工工时总量是100 h，得到约束条件2，即 $10x+5y \leq 100$ ；此外，甲乙两种桌子的数量只能为整数，即 x 和 y 必须是整数，且不能小于0，总结起来，得到如下约束条件，

$$\begin{cases} 6x+8y \leq 120, \\ 10x+5y \leq 100, \\ x, y \geq 0, \\ x, y \text{ 都是整数。} \end{cases}$$

4. 求解：利用函数曲线辅助的方法求解。

(1) 在直角坐标系中绘出约束条件中两不等式所对应的区域。如图3-18所示， $6x+8y=120$ 和 $10x+5y=100$ 在直角坐标系中为直线（如图中实线所示），则两条直线与坐标轴围成的阴影区域的交叠部分同时满足条件 $6x+8y \leq 120$ 和 $10x+5y \leq 100$ ，也就是接下来寻找最优解的范围。

(2) 对于目标函数 $M=8x+5y$ ，当 M 取不同的值时，其在直角坐标系中对应一系列相互平行的直线（如图3-18中虚线所示）。对于这一系列平行线，当直线 $M=8x+5y$ 通过 $6x+8y=120$ 和 $10x+5y=100$ 两直线的交点 C 点时， M 的取值达到最大值，即获得最优解。

(3) 计算 C 点坐标及 M 值。根据上述分析， M 的最大取值为92，此时 C 点的坐标为 $(4, 12)$ ，即最优的方案为甲规格桌子生产4张，乙规格桌子生产12张，可获得最大销售额9 200元。

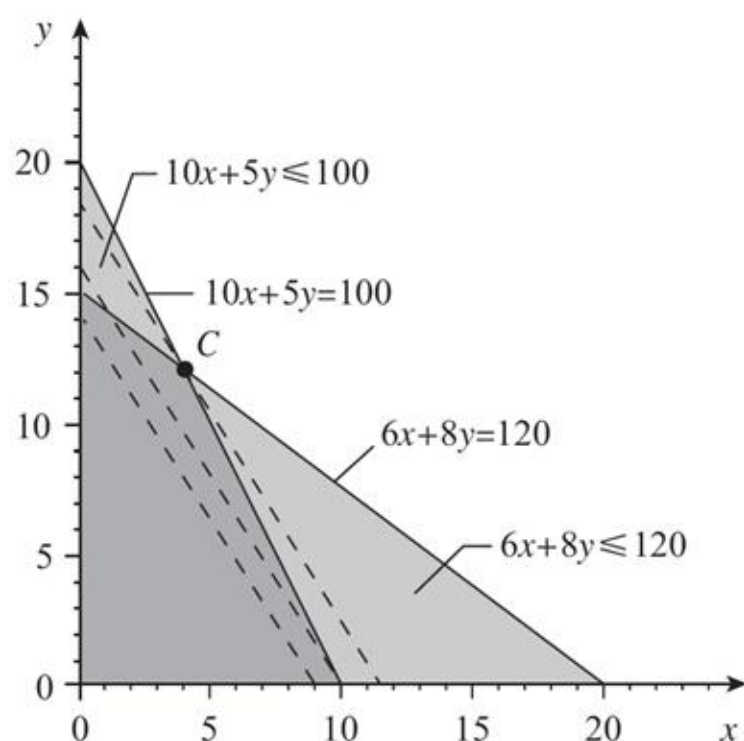


图3-18 桌子生产任务的函数曲线辅助求解

3.2 系统的设计

一、系统设计的基本原则

虽然不同的系统具有不同的功能和特点，但在进行各种系统设计时，有一些基本的原则。

1. 功能实现原则

不同的系统有其各自的功能，人们建立系统也是为了利用系统的特定功能解决问题，在进行系统设计的时候，先要确保系统功能的实现。

2. 综合处理原则

构成系统的各子系统之间存在着关联关系，这些关联关系既包

括协作，也包括冲突。因此，在进行系统设计时，要遵循综合处理的原则，根据具体需要科学安排各子系统的权重，合理解决子系统之间的冲突。例如，增加房屋的窗户数量、增大窗户面积，可以提升室内的采光效果，但会影响房屋的保温效果，因此，在进行房屋建筑设计时，要综合处理。

3. 效益最大化原则

在系统的优化部分，我们学过，系统处于具体的环境中，受到一定的制约和影响，如何在各种因素的制约下实现目标函数的最大化（或最小化）是系统优化的意义所在。系统优化是系统设计必要步骤，在进行系统设计时，也要追求效益的最大化。要强调的是，效益最大化并不单单指经济效益最大化。在追求效益最大化的过程中，既要看到经济效益，也要综合看到环境等其他效益；既要考虑眼前效益，也要综合考虑长远效益。

此外，在进行系统设计的过程中，还要尽可能遵循可实现动态调整、人性化设计、具有长期性和稳定性的战略思考等原则。

二、系统设计的一般过程

当我们设计一个系统时，首先要明确目标，通过对问题的分析，提炼出要设计的系统需要具备什么样的功能；如果要设计的系统比较简单，可以直接根据功能提出设计方案，如果要设计的系统比较复杂，则需要根据不同的功能或部分将系统分解为若干个子系统，确定各子系统的功能及子系统之间的关系，根据各子系统的功能对其进行设计，然后将各子系统组合为一个完整的系统；之后对设计方案进行评价，考察是否需要对方案进行进一步优化，最终获得可行的方案。整个过程如图3-19所示。

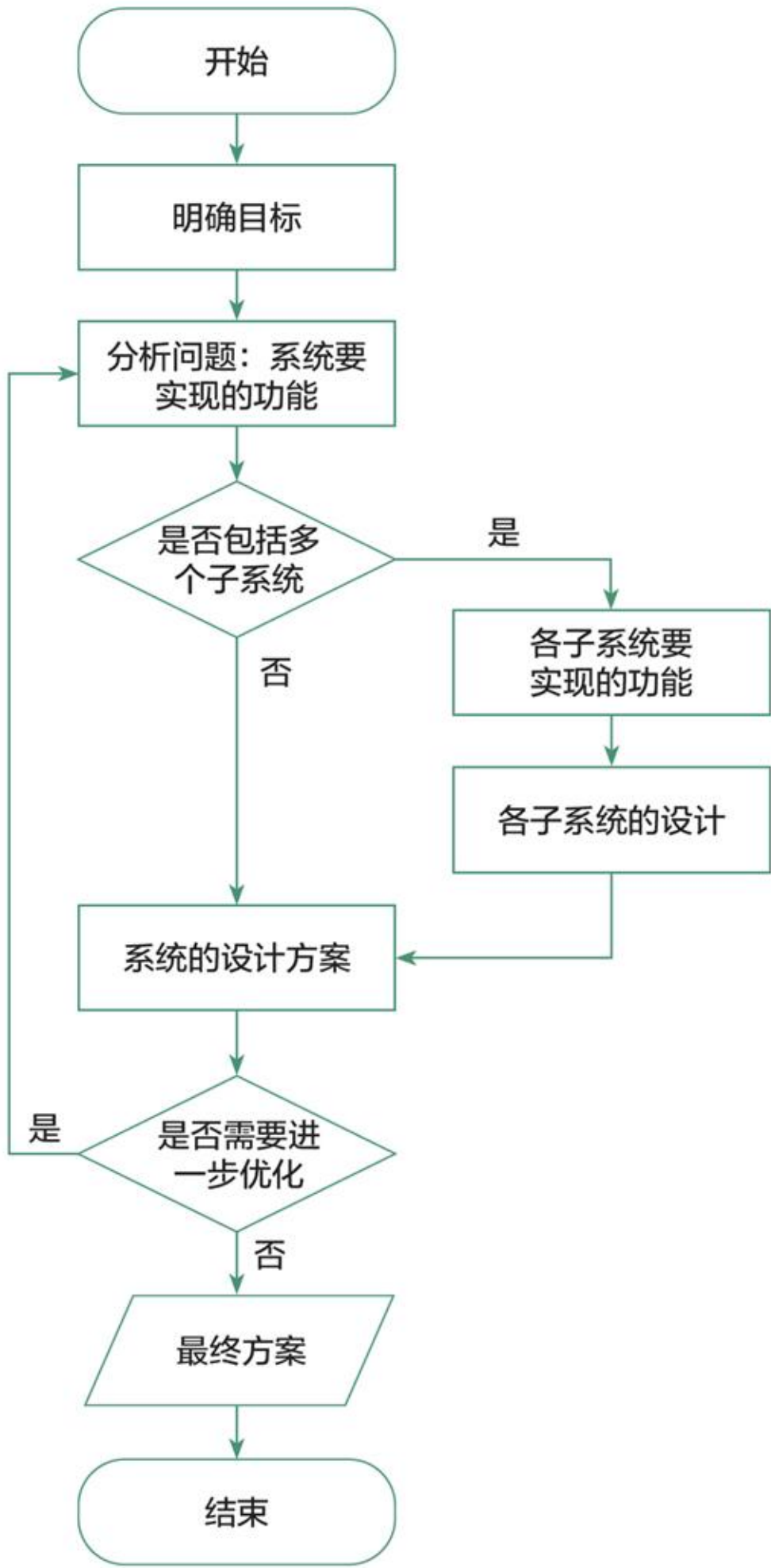


图3-19 系统设计的一般过程

3.3 系统的设计实践

起重系统设计

在人们日常的生产和生活中，经常会遇到各种起重设备，如建筑工地使用的各种类型的起重机、高层建筑中的厢式电梯等，我们以起重系统的设计为例，来了解系统设计的过程。

1. 明确目标，分析问题

该系统的功能是将重物送至高处。因此，需要了解每次所输送的重物的最大质量，这将为之后系统的设计和零部件的选择提供依据。

2. 子系统分析

该系统可以分为传动和驱动两部分。

（1）传动子系统：包括传送绳、滑轮、重物容器等，所选择的零部件承重需符合要求。

（2）驱动子系统：可以通过手摇定滑轮带动传动绳，将重物 and 容器送至高处；若重物质量过大，需考虑滑轮组等方案。

3. 系统的设计方案

根据前面对子系统功能及关系的分析，可以设计如表3-6所示的起重系统。

表3-6 起重系统构成

名称	子系统	主要部件
起重系统	传动子系统	传动绳、滑轮、重物容器等
	驱动子系统	手摇滑轮等

4. 进一步优化

可能的优化方向如下。

- （1）改变传动比，使手摇端更省力。
- （2）将手动改为马达驱动。

5. 最终方案

根据具体需求情况选择最为合适的起重系统。



课外实践

实践任务

结合上述起重系统的设计方案，进行起重系统模型的制作，并完成表3-7。

表3-7 起重系统的模型制作

项目	内容
设计方案	
材料清单	
制作过程	

实践总结

对模型的设计和制作过程进行评价，完成表3-8。

表3-8 起重系统模型设计及制作评价表

评价项目	评价标准	评价方式		
		自评	互评	师评
设计方案	符合设计的一般原则			
	功能的实现及优化			
制作过程	合理性（合理选择工具和使用材料）			
	规范性（符合相应工艺规范）			
模型本身	适用性			
	耐用性			
	美观性			

等级标准：A 优秀、B 良好、C 合格、D 待改进。



设计 & 操作

实践任务

设计一款太阳能路灯的模型，要求：该路灯模型能在白天接收太阳光照，把太阳能储存在电池中，到了夜间能够利用电池中储存的能量驱动灯具发光。

实践目的

进一步掌握系统设计的一般方法。

实践过程

- 1. 方案设计：设计路灯模型的系统方案，如有需要可绘制系统框图，并根据需求对方案进行优化。
- 2. 模型制作：根据方案选择所需的零件，完成模型制作，并将相应内容填写在表3-9中。

表3-9 太阳能路灯模型的设计与制作

项目	内容
设计方案	
材料清单	
制作过程	

实践总结

对模型的设计和制作过程进行评价，完成表3-10。

表3-10 太阳能路灯模型设计及制作评价表

评价项目	评价标准	评价方式		
		自评	互评	师评
设计方案	符合设计的一般原则			
	功能的实现及优化			
制作过程	合理性（合理选择工具和使用材料）			
	规范性（符合相应工艺规范）			
模型本身	适用性			
	耐用性			
	美观性			

等级标准：A 优秀、B 良好、C 合格、D 待改进。



数学模型与运筹学

回忆我们对系统进行优化过程的一般步骤：先明确需要进行优化的问题，然后收集系统的各方面信息，对系统进行分析，整理出优化过程中需要考虑的各种因素，将其用数学的形式表示（目标函数、约束条件），通过数学的方法找到问题的最优解。这种用数学公式、图表等描述客观事物的特征模型的思想就是建模思想，建立的模型称为数学模型。数学模型是研究和掌握系统运动规律的有力工具，也是分析、设计、预报或预测、控制实际系统的基础，是人们在解决问题时常用的一种方法。

运筹学最早出现于1938年，在20世纪40年代以后得到迅速发展，是一门新兴的应用科学。运筹学运用数学方法寻找复杂系统中的最佳或接近最佳的处理方案，常用于解决现实生活中的复杂问题。利用运筹学，人们可以预测发展趋势、制订行动规划或优选可行方案，使有限资源得到合理利用，并使系统得到最佳运行。运筹学有广阔的应用领域，不仅能为管理和决策提供科学依据，也逐渐渗透到诸如能源、交通、工程设计、市场分析、医疗卫生等生产生活的各个方面。



思考 & 练习

同学们经常会在多媒体教室上课，请观察你所在学校的多媒体教室，分析并画出多媒体教室的系统构成；尝试对现有的多媒体教室进行优化，按照你的思路设计多媒体教室，并和其他同学比较分析各自方案的特点。



本章小结

系统是由相互作用、相互依赖的若干组成部分构成的具有特定功能的有机整体。

一个系统，可以分为若干相互依赖、相互作用的子系统，而这个系统自身可能也是某个更大系统的子系统。构成系统的最基本单元是系统的要素。每个系统都有一定的功能，而且系统的功能是其子系统和要素所不具备的。

分析问题时必须坚持系统观念。万事万物是相互联系、相互依存的。只有用普遍联系的、全面系统的、发展变化的观点观察事物，才能把握事物发展规律。进行系统分析时，首先要明确问题，确立目标；之后收集相关的资料，通过对资料的分析，必要时建立相应的模型，提出多种方案；最后依据一定的标准对各方案进行综合评价，找到最符合要求的方案。在进行系统分析时，要遵循整体性、科学性、综合性的原则。

在一定制约条件下，通过一定的手段和方法，使系统获得最佳功能或最佳效益的过程，就是系统优化。系统与环境之间、系统的各要素之间、系统的要素与整体之间都存在着相互作用，这些因素共同构成了系统优化过程中的约束条件。系统优化的实质，就是在一定的约束条件下，通过改变变量，实现系统目标函数的最大化或最小化。

在进行系统设计时，要以实现系统的功能为首要原则，同时遵循综合处理和效益最大化等原则。

本章知识结构如下页图3-20所示。

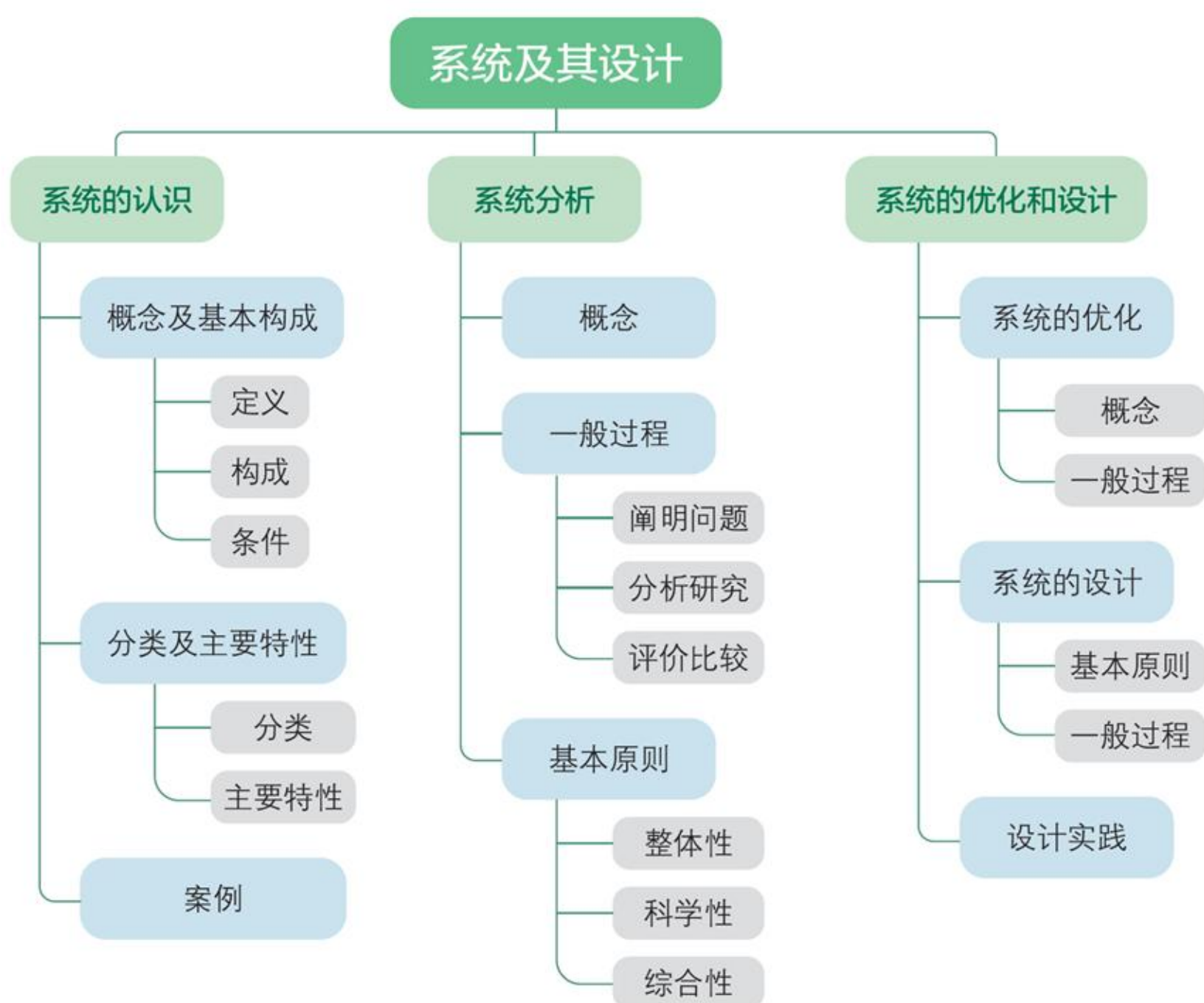


图 3-20 本章知识结构

本章学习评价表

学科 核心 素养	课程内容/实践项目	评价指标	评价方式		
			自评	互评	师评
技术 意识	系统的分类	能对生产生活中的常见系统进行分类			
	系统分析	掌握系统分析的一般过程			
工程 思维	系统的构成	能就某一具体的系统（如家用电器等）分析其构成			
	室内电气线路系统	能进行室内电气线路系统的规划			
	起重系统设计	了解起重系统和模型的设计制作一般过程			
创新 设计	系统的优化	能对某一具体系统进行优化			
图样 表达	水箱注水管系统	能从系统构成的角度分析其子系统和要素			
		能从系统特性的角度分析各部分之间如何协调工作			
物化 能力	太阳能路灯模型	能完成太阳能路灯系统的设计和模型制作			

等级标准：A 优秀、B 良好、C 合格、D 待改进。

第四章 控制及其设计

人类利用控制技术改善生活由来已久，古代的水车、风磨、指南车等都包含了控制装置。如今，控制更是存在于社会生产生活的各个方面，是当今世界科学技术发展的主要标志性技术，为人类带来了极大的便利。学习控制及其设计，有助于我们运用控制的基本思想和方法解决现实生产生活中遇到的相关问题。

在本章中，同学们将学习控制和控制系统的含义、控制的方法，以及控制系统在生产生活中的应用。通过对开环、闭环控制系统等内容的学习，培养技术意识和工程思维；通过控制系统设计的实践活动，培养创新设计、图样表达和物化能力。

第1节 控制和控制系统的认识

第2节 控制系统的组成和工作过程

第3节 控制系统的设计和实验



第 1 节 控制和控制系统的认识

学习目标

1. 理解控制和控制系统的含义。
2. 了解手动控制、自动控制、智能控制的特点。
3. 理解控制在生活和生产中的应用。

我们骑自行车时会随时观察自行车的行驶方向，如果与预设偏离，我们就会利用车把手控制自行车的行驶方向。我们想要调换电视节目时，会用遥控器切换频道。我们乘坐地铁时会用手机或交通卡刷卡开启进出站闸机。我们想要洗手时，会将手放在感应水龙头下，水自动流出。如图4-1所示，这些都是生活中常见的“控制”，它们都有哪些共同点，又有哪些差异呢？

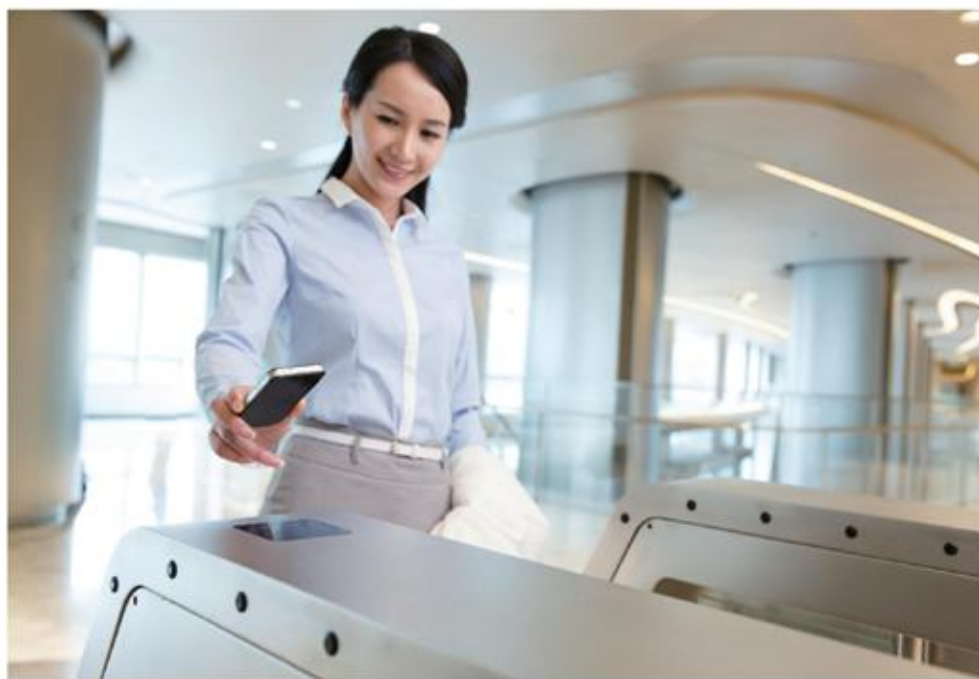


图4-1 生活中常见的控制

1.1 控制和控制系统的含义



案例

水龙头

人们在生活中经常会接触到水龙头，扳动或旋动把手或旋钮可以控制水龙头的开和关，调节出水量的大小。随着技术的发展，非接触式的感应式水龙头也出现在人们的周围，当人把手放在水龙头的感应区时，水龙头自动出水，当手移开后，水龙头自动关闭。

如图4-2所示，无论是机械式还是感应式，水龙头开与关状态的切换都是依据人的意愿实现的。



图4-2 机械式和感应式水龙头

人们按照自己的意愿，通过改变条件，促使事物向着期望的目标发展，就形成了控制。一个控制过程的实现，往往要经过若干个环节，这些环节构成一个系统，称为控制系统。



设计 & 操作

实践任务

制作台灯模型，要求灯的亮灭状态可以通过开关控制，灯的亮度可调。

实践目的

通过该模型中灯的亮灭状态和亮度的调节，理解控制的含义。

实践准备

2节5号电池；1个螺口小灯泡（2.5 V，0.3 A）；
1个灯泡底座；1个开关；若干导线；1块实验板。

实践过程

1. 按照图4-3所示的电路图，完成电路连接。
2. 闭合或断开开关，观察灯泡亮灭变化。
3. 请尝试修改电路图，使灯的亮度也可以调节，并搭建电路进行验证。

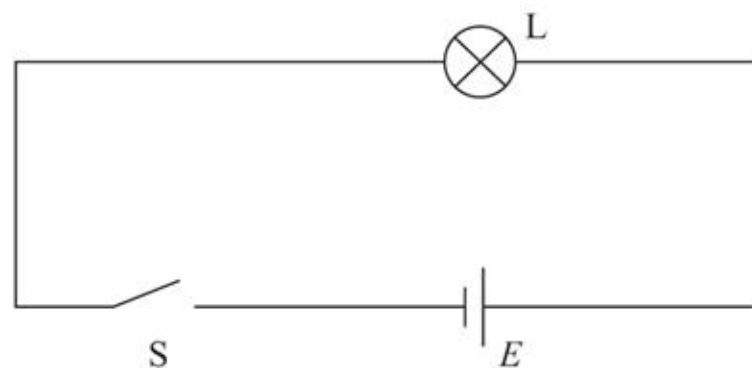


图4-3 台灯模型电路图

1.2 控制的方法

理解控制现象，要明确控制的对象是什么，控制要达到什么样的目的，采取了怎样的控制手段。例如，在前述的台灯模型中，控制的对象是灯泡，控制的目的是使灯泡亮或灭以及改变亮度，控制灯泡亮或灭的手段分别是闭合或断开开关，控制灯泡亮度变化的手段是调节电位器。

讨论 & 交流

请举例说明在你的生活中还有哪些属于控制的事例，并填写表4-1。

表4-1 生活中的控制举例

控制事例	控制的对象	控制的目的是	控制的手段
开关灯	灯泡	使灯亮或灯灭	按开关

控制通常可以分为手动控制、自动控制和智能控制。

手动控制是指控制的过程是在人的直接干预和全程干预下进行的。例如，前面制作的台灯模型，需要通过人手动闭合或断开开关，从而控制灯泡亮或灭的状态，通过人手动调节电位器，从而控制灯泡的亮度，这都属于手动控制。

自动控制是指控制的过程不需要人的干预，就可按期望或预定程序进行。自动控制按照技术在控制领域的应用可以分为：力（机械）控制、热（温度）控制、电控制、磁控制、光控制、声控制等。



案例

全自动洗衣机的控制

全自动洗衣机可以将洗衣的洗涤、漂净、脱水三大步骤按照多个开关信号的逻辑关系一步步地往下执行。使用者只要事先设定好洗衣模式，把待洗衣物放进洗衣机，备足洗衣粉，接好水管，按下洗衣机的洗衣按钮，最后等到听见洗衣结束的提示音，取出已经甩干的衣服，洗衣的过程就完成了。全自动洗衣机是一个自动控制的装置，工作流程可以用图4-4表示。



图4-4 全自动洗衣机自动控制的工作流程



设计 & 操作

实践任务

制作路灯模型，要求该模型可根据周围的亮度自动实现亮灭。

实践目的

通过制作路灯模型，自动控制灯的亮灭，理解手动控制与自动控制的区别。

实践准备

4节5号电池；1个发光二极管；1个 $560\ \Omega$ 电阻，1个 $10\ \text{k}\Omega$ 电阻，1个光敏电阻；1个9013三极管；若干导线；1块实验板。

实践过程

1. 按照如图4-5所示的电路图，完成电路连接。

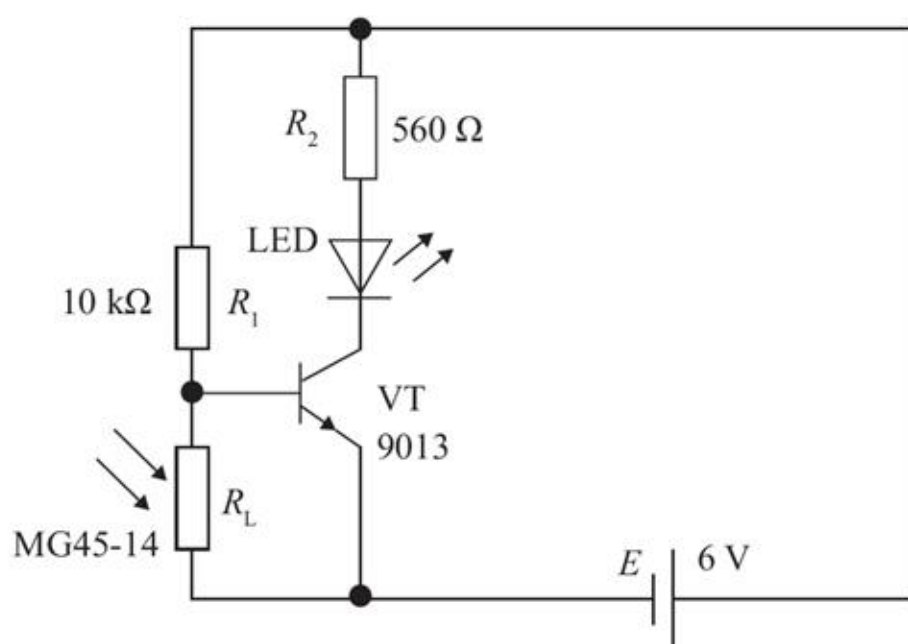


图4-5 路灯模型电路图

2. 模拟外界光线较强与光线较弱的效果，观察发光二极管的亮灭变化。

智能控制是自动控制发展的高级阶段，将人类的学习、自适应、决策等能力引入控制系统，使其具有类似于人的智能。例如，一些智能洗衣机可以根据放入洗衣桶的衣物材质和质量自主判断洗衣模式和用水量，并自主设定合适的洗衣程序。



案例

无人驾驶汽车

近年来，随着互联网技术的迅速发展，汽车制造业产生了革命性的变化，汽车智能化技术正逐步得到广泛应用，其中最典型、最热门的应用就是无人驾驶汽车（图4-6）。中国从20世纪80年代开始进行无人驾驶汽车的研究。1992年，国防科技大学成功研制出了中国第一辆真正意义上的无人驾驶汽车。

无人驾驶汽车是可以通过计算机系统设置实现无人驾驶的新型智能化汽车，它利用车载传感系统感知车辆周围的环境，并根据感知所获得的道路、车辆位置和障碍物的信息，控制车辆的转向和速度，使车辆能够安全、可靠地在道路上行驶。



图4-6 无人驾驶汽车



讨论 & 交流

无人驾驶汽车如何体现智能控制的特点？请从智能控制的功能特点中选择一个进行分析。除了无人驾驶汽车，你还知道哪些智能控制的案例？



拓展阅读

指南车

在我国古代，能工巧匠们发明了许多控制装置，给生产生活的各个方面带来了便利。指南车就是其中一种充满古人智慧的控制装置。指南车，又称为司南车，可以自动指示方向。指南车的结构如图4-7所示，它有两个车轮，靠人力或者马来带动行走，车内装有由齿轮组成的机械传动系统，车上方立有一个伸臂的木人指示方向。行车

前，预先设置木人所要指的方向，如南方，当指南车转向时，两个车轮的差动由车内的机械传动系统传递到车上的指向木人，使指向木人的转向与车的转向方向相反、角度相同。因此，无论车转向何方，指向木人的手臂始终指向指南车行车前所设置的指示方向。

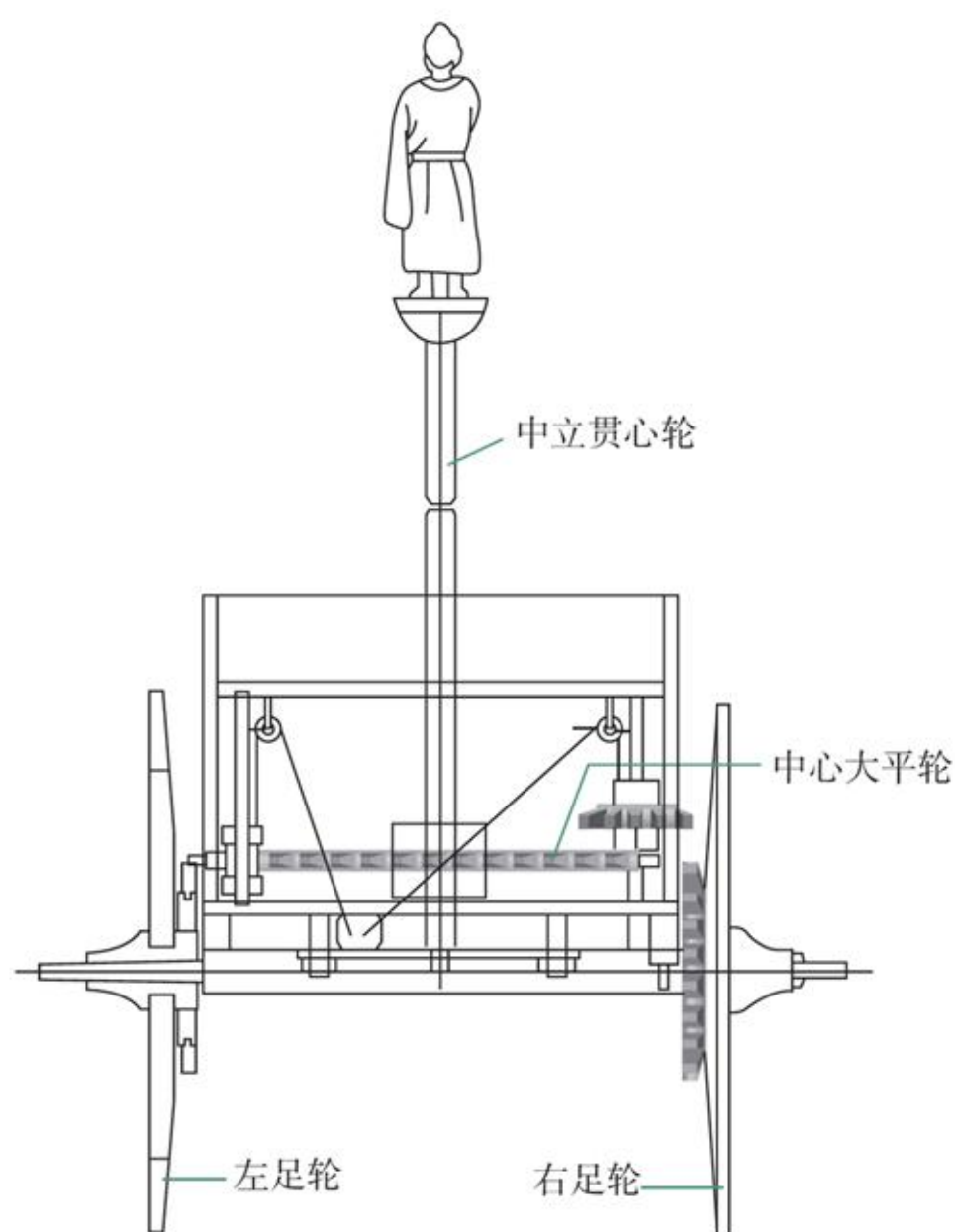


图4-7 一种指南车复原模型结构示意图



讨论 & 交流

指南车属于哪种控制？

1.3 控制的应用

控制的应用自古有之，到了近代更是得到了迅速发展。在社会生活和生产的各个领域，控制都得到了广泛的应用。

控制应用在生活中，可以满足人们的生活需要，提高人们的生活质量。家庭中常用的电冰箱、洗衣机、空调等都采用了控制技术。如今智能家居走进了千家万户，人脸识别入户、语音控制开关灯、远程控制家电等，更是先进控制技术在生活中的应用。

控制应用在生产中，可以提高产品质量，降低生产成本，提升劳动生产率。工业4.0实现了工厂智能化生产，将生产中的供应、制造、销售信息数据化、智慧化，实现快速、有效、个人化的产品供应。

控制应用在国防领域，可以增强国防力量。无人机能自动采集、捕获数据，完成侦察、灾难救援等任务。在火箭发射、飞船对接等过程中，控制均起到了重要的作用。

讨论 & 交流

以下是小宇的早晨，其中包含了一系列控制在生产生活中的应用。

桌上闹钟显示的时间从6:59跳转至7:00，卧室的窗帘自动缓缓打开，温暖的阳光轻洒入室内，轻柔的音乐开始缓缓响起，小宇伸了一个懒腰起床。

小宇走入洗漱间，将漱口杯放在水龙头下，水流自动进入杯子。小宇洗漱完毕后进入餐厅，用微波炉热了一下牛奶，顺手打开了电视，农业频道正在介绍农田节水灌溉。小宇看了一会儿，又用遥控器调到军事频道，此时正在介绍神舟飞船的对接。

小宇边看电视边吃早餐，不知不觉已经到了8:00。小宇打开电脑，远程查看了一下自家的无人超市内的情况，只见几台机器人正在忙碌而有序地搬货上架，小宇很满意。

上述场景中反映了控制在生产生活中的哪些应用？你还知道哪些控制的应用事例？请续写小宇在中午、晚上的生活场景，体现控制的应用。

拓展阅读

“太空之吻”——神舟八号对接天宫一号

2011年11月3日，对中国航天人来说，是一个重要的日子。11月2日23时08分，神舟八号飞船与天宫一号飞行器相距52 km，神舟八号开始自主导引控制，并转入寻的段。自主导引控制包括寻的段、接近段和平移靠拢段。其中寻的段历时约74 min，其终点为神舟八号与天宫一号两飞行器相对距离约5 km处。11月3日凌晨，经过捕获—缓冲—拉回—锁紧四个步骤，中国太空上演“太空之吻”——神舟八号与天宫一号成功实现刚性连接（图4-8），形成组合体。神舟八号与天宫一号的对接离不开精准的控制技术，这是中国载人航天工程完成的首次空间交会对接实

验，是中国载人航天又一次历史性突破和重大技术跨越。

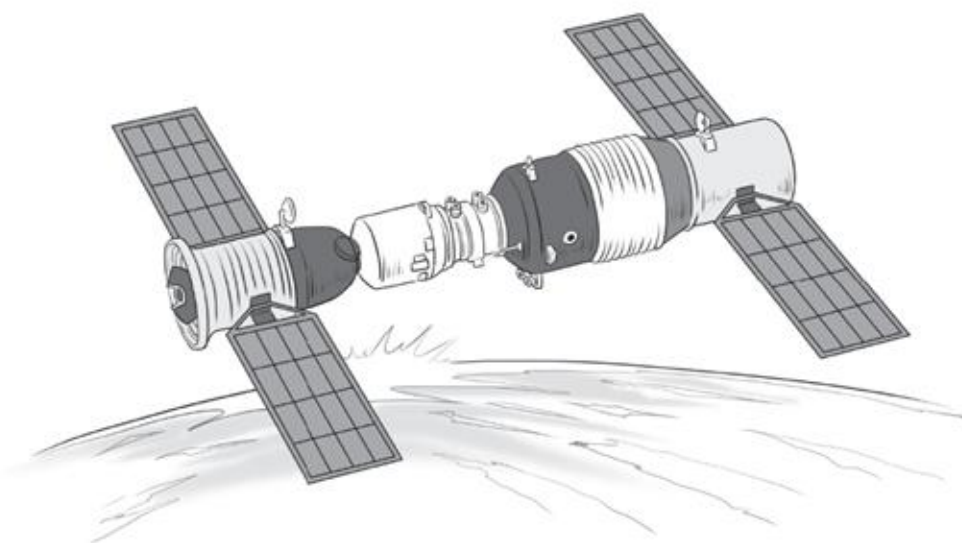


图4-8 神舟八号与天宫一号交会对接示意图

思考 & 练习

1. 分析以下控制现象是自动控制还是手动控制。
 - (1) 空调调节室内温度。
 - (2) 用气筒给自行车轮胎充气。
 - (3) 商场感应门的开启与闭合。
2. 讨论手动控制、自动控制、智能控制的特点。
3. 观察周围环境，发现需要实施控制的问题，拍照并做成课件展示。

第2节 控制系统的组成和工作过程

学习目标

1. 熟悉简单开环控制系统和闭环控制系统的基本组成与工作过程，理解其中控制器、执行器等的作用。
2. 能用方框图表达控制系统的工作过程。
3. 了解干扰现象和反馈原理。

上一节我们制作了一个可以自动开关的路灯模型。这个模型在我们生活中的应用是非常广泛的，如图4-9所示的街道、走廊的照明灯等。一盏照明灯主要由光控开关和灯泡串联而成，那么它的工作过程是怎样的呢？



图4-9 生活中的照明控制系统

2.1 控制系统的表达

为了便于分析，人们常采用控制系统的方框图来进行控制系统的表达，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。

例如，照明控制系统就可以用如图4-10所示的方框图进行表达。

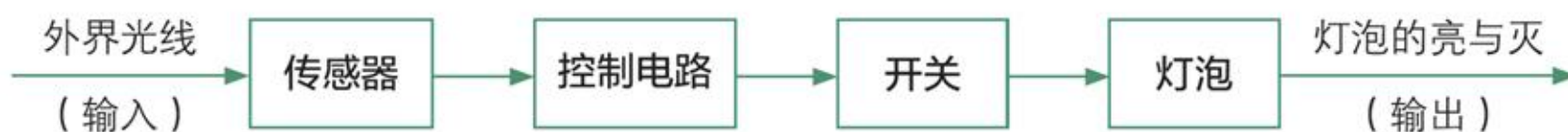


图4-10 照明控制系统的表达

又如，商场感应门的控制系统可以用如图 4-11 所示的方框图进行表达。

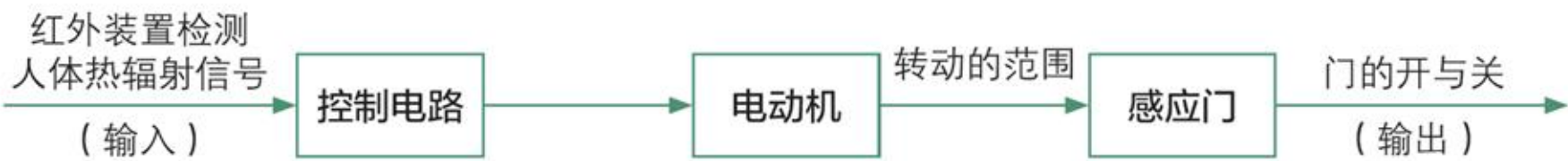


图 4-11 商场感应门控制系统的表达

可以发现，不同的控制系统，方框图中的内容都有所不同，但有些内容是共通的，把它进行提炼，就能形成一种更一般的表达方式，如图 4-12 所示。



图 4-12 控制系统的表达

其中涉及的概念见表 4-2。

表 4-2 控制系统的相关概念

概念	说明	举例
输入量	控制系统的给定量	红外装置检测人体热辐射信号
控制器	对输入信号进行处理并发出控制命令的装置或元件	控制电路
执行器	直接对被控对象进行控制的装置或元件	电动机
控制量	执行器的输出信号	转动的范围
被控对象	控制系统中所要控制的装置或生产过程	感应门
输出量（被控量）	控制系统所要控制的量，也是控制系统的输出信号	门的开与关

讨论 & 交流

随着现代家庭用火、用电量的增加，家庭火灾的防范越来越引起人们的重视。一旦发生火灾，处置不当、报警迟缓都会造成无法挽回的损失。安装火灾自动报警系统（图4-13），可以在一定程度上预防火灾，减少火灾损失。

当火灾自动报警系统的传感器感应到高温与烟雾时，蜂鸣器会报警。请尝试用方框图来表达火灾自动报警系统。



图4-13 火灾自动报警系统

2.2 控制系统的基本组成与工作过程

一、开环控制系统的基本组成与工作过程

如果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。图4-12就是开环控制系统，开环控制系统一般包括控制装置与被控对象，其中控制装置包括控制器、执行器等环节。

开环控制系统的工作过程为：输入量传递给控制器，控制器根据输入量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，被控对象受执行器传来的信号（控制量）驱动，产生输出量。

现在很多城市路口都有行人越线报警系统（图4-14），红灯时，当行人越过报警系统装置，装置就会语音提醒“您已红灯越线，请退回等待”。该系统主要是一个红外线控制电路，由发射器发出红外线，接收器接收红外线。当接收器接收到红外线时，不触发语音电路；当红外线被人体遮挡，接收器无法接收红外线时，触发语音电路。

前面提到的照明灯、商场感应门、火灾自动报警系统也都属于开环控制系统。



图4-14 行人越线报警系统



交通信号灯定时控制系统



图4-15 交通信号灯

“红灯停、绿灯行”是人们熟知的交通规则，这里的红灯和绿灯指的就是交通信号灯（图4-15）。

交通信号灯最基本的控制方式是定时控制，其控制系统主要由秒脉冲发生器、定时器、控制器和译码器等部分组成。秒脉冲发生器发出脉冲信号用于计时，定时器到了预设时间后，提醒控制器发出状态转换信号，该信号传递给译码器，译码器将信号翻译为不同车道的交通信号灯的工作状态，从而自动控制交通信号灯状态的定时转换。



讨论 & 交流

列举你所知道的开环控制系统，并说明它们的控制工作过程。

二、闭环控制系统的基本组成与工作过程

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。在系统的输入端和输出端之间，除了从输入量到输出量的信息传递，还有反向的信息传递，即把输出量反传到输入端，与输入量进行比较，构成一条闭合回路。如图4-16所示，闭环控制系统除了包括控制装置与被控对象，还包括反馈与比较的环节。

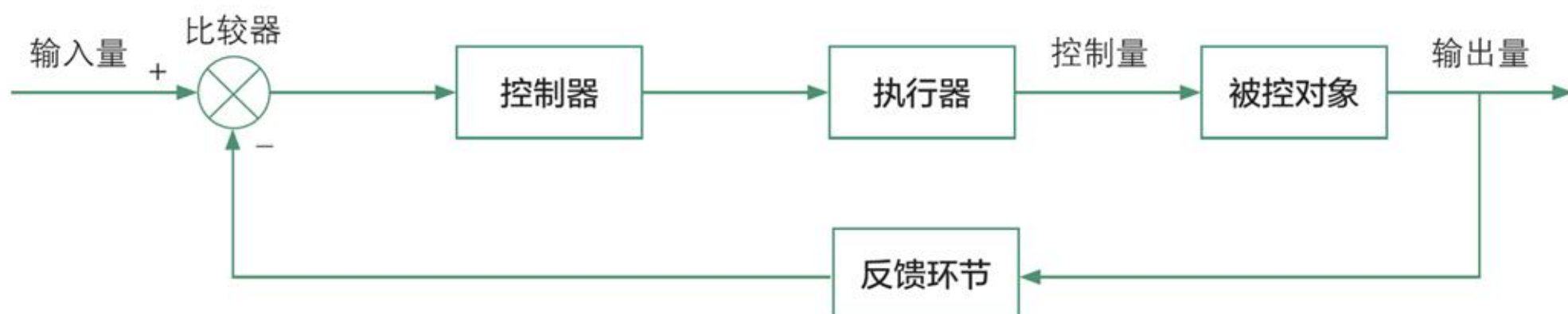


图4-16 闭环控制系统

系统中将控制结果反馈回来的部分，称为反馈环节。

闭环控制系统的工作过程为：比较器具有计算功能，它将输入量与反馈环节传回来的反馈信号相比较，求出偏差值。控制器将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，被控对象受执行器传来的信号（控制量）驱动，产生输

出量。同时，反馈环节又将感知到的输出量经变换后产生反馈信号。反馈可以分为负反馈和正反馈，负反馈能减弱系统功能作用的结果，使输出与系统目标的偏差不断减小，系统趋于稳定；而正反馈能增强系统功能作用的结果，使系统偏差不断增大。

闭环控制系统都有反馈环节，这是它与开环控制系统最大的区别。



案例

交通信号灯的智能化控制

近年来，随着我国人民生活水平的不断提高，越来越多的家庭都拥有了汽车，加上各类其他运输车辆，我国的机动车数量与日俱增。目前，我国大部分城市仍旧采用传统控制模式的交通信号灯，即定时控制交通信号灯，可能会存在如下问题：当某条道路车流量很大时却要等待绿灯，而此时另一条空道或车流量相对少得多的道路却依然按原定时间亮着绿灯，这样的交通控制系统效率低，容易造成交通拥堵。

交通信号灯智能控制系统针对十字路口交通效率低下的问题，主要利用红外遥控装置，实地测量各路口车队的长度，通过控制部分分析和处理数据，与原先设定的时间相比较，及时发出调整信号灯分配时间的信号。交通信号灯智能控制系统能够根据现场环境情况，实现交通信号灯自动配时，从而改善城市道路交通情况。



讨论 & 交流

请就交通信号灯的智能化控制问题说说自己的观点和看法。

2.3 控制系统的干扰



案例

雨雪天气倒车雷达失效

汽车电气化系统的出现和发展，提高了驾驶的舒适性和安全性，倒车雷达系统的配备，提高了驾驶员在停车倒车时的安全性。配备了倒车雷达系统的汽车在前后车角和前后中央都安装了传感器。当车辆驶入车库时，可以借助车辆上的传感器进行辅助。传感器测量车辆与墙壁等障碍物之间的距离，并通过车内显示屏和蜂鸣器进行信息传达。当检测到障碍物时，显示屏上会在相应区域显示一个简图，蜂鸣器也会进行相应提示。根据车辆与物体距离的远近程度简图上会有不同的反馈，车辆越接近物体，蜂鸣器的鸣响频率也会越高。这些提示信息，有助于提高倒车时的安全性。

倒车雷达利用了回声定位原理，装置在车体上的传感器发射超声波，并接收碰到障碍物后反射回来的超声波，根据回声到来的方位与时间可以计算出车体与障碍物间的实际距离，从而给出提示信息。

但是在特殊情况下，如雨雪冰冻天气，传感器可能被冰、雪、污垢等覆盖，倒车雷达系统会出现失灵的状况。在严寒天气下，如果传感器被冻结，可能造成显示异常，或者无法检测到物体，冰雪融化后，系统才可恢复正常。

除此之外，还有一些情况会影响倒车雷达的有效性，例如，传感器或传感器周围区域极热时；由于车辆喇叭、摩托车发动机、大型车辆的气制动器发出的声音或其他会产生超声波的强烈噪声，车辆附近十分嘈杂时；传感器表面有水雾或被暴雨淋过时；车辆接近较高或弯曲的路缘时；等等。

讨论 & 交流

哪些情况会对倒车雷达产生影响？潜在的危害有哪些？

控制系统中，除了输入量（给定值），引起输出量（被控量）变化的各种因素称为干扰因素。

在一个控制系统中，实际的干扰可能出现在各个环节，但为了在表达和分析控制系统时有一个统一的形式，通常将干扰都加在被控对象上，这是一种等效的方法。如果实际干扰是加在控制器或执行器等环节，使输出量发生了变化，那么就等同于干扰加在被控对象上，并使输出量发生变化。

因此，开环控制系统和闭环控制系统的干扰情况可以用如图4-17、图4-18所示的方框图进行表达。



图4-17 开环控制系统的干扰情况

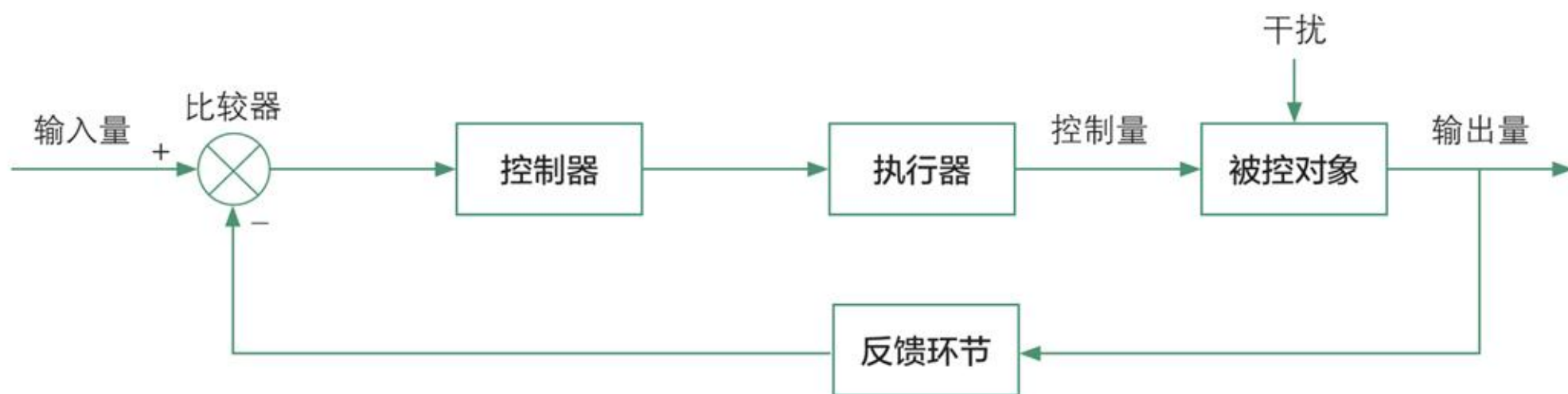


图4-18 闭环控制系统的干扰情况

开环控制系统一般结构较为简单，由于无法对由干扰引起的输出量偏差进行调整，适用于对控制精度要求不高且系统本身较为稳定的情况。

与开环控制系统相比，闭环控制系统能够根据反馈环节及时测出由干扰引起的输出量偏差并进行调整，因此其控制精度要高于开环控制系统，但结构相对复杂，构成系统的成本较高，适用于对控制精度、可靠性的要求较高的情况。需要说明的是，当干扰严重超出系统的可调节范围时，输出量也可能最终偏离期望值。

拓展阅读

空调温度控制系统

常见的空调温度控制系统如图4-19所示，该系统通过温度传感器将温度信号转换成电信号，将电信号送入温度控制器与原设定值进行比较与放大，并通过温度控制器输出信号给电动调节阀，调节电动调节阀的开启度，从而调节进入换热器内的液体流量，实现控制换热器冷量的输出。当室外温度升高时，控制系统监测出干扰引起的室内温度升高，控制换热器盘管冷量加大；反之，换热器盘管冷量减少。这就克服了干扰，提高了室温的稳定性。

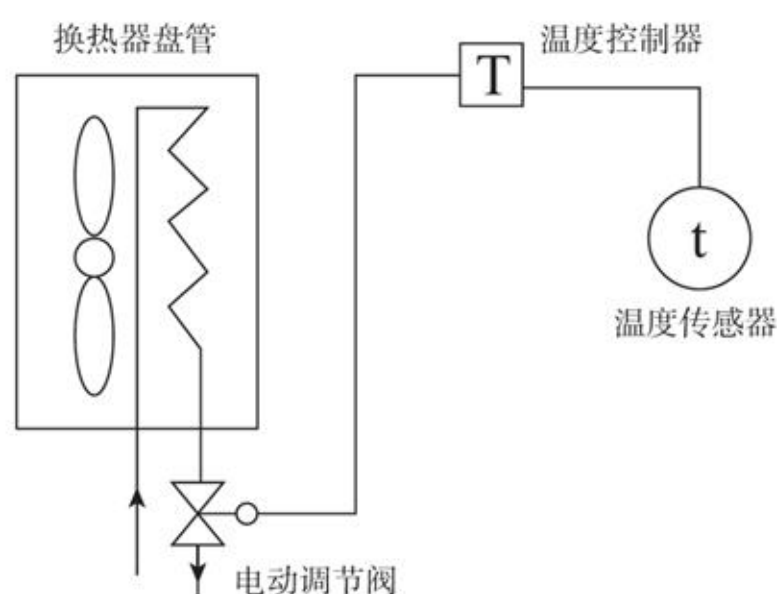


图4-19 空调温度控制系统示意图

思考 & 练习

1. 分析以下控制系统是开环控制系统还是闭环控制系统。
 - (1) 电风扇。
 - (2) 电冰箱的温度控制系统。
 - (3) 楼道灯的声光控制系统。
2. 查阅资料，了解电饭煲的工作过程，并用控制系统的方框图进行表达。
3. 讨论和寻找生活中有哪些干扰因素，一般如何避免或利用。

第3节 控制系统的设计和实践

学习目标

1. 能根据控制系统的控制要求，确定被控量、控制量，进行简单控制系统的设计。
2. 能搭建简易的控制系统装置，并进行调试运行和综合评价。

我们已经了解了控制应用在生产生活的方方面面，控制系统给我们的衣食住行带来了许多便利（图4-20）。那么你知道这些控制系统是如何进行设计的吗？

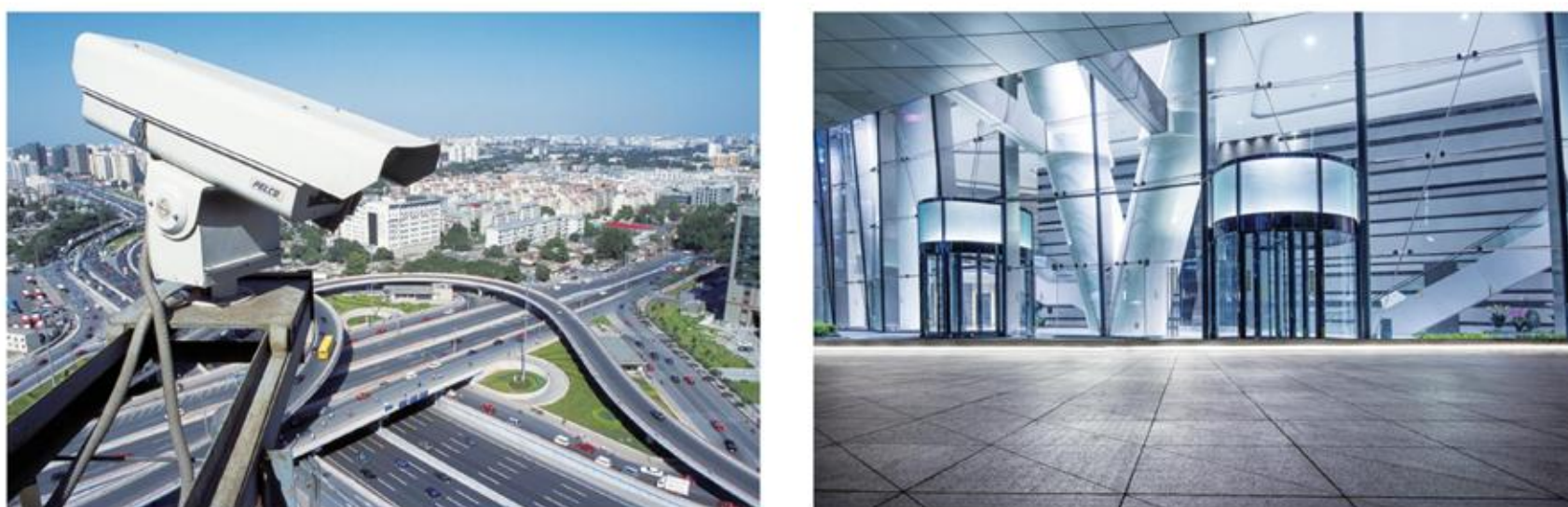


图4-20 生产生活中的控制系统

3.1 控制系统设计的一般过程

设计的一般过程是发现与明确问题—制订设计方案—制作模型或原型—测试、评估及优化，控制系统设计有其特殊性，它既遵循设计的一般过程，又有一些具体的、特定的问题需要解决。控制系统设计的一般过程可以归纳如图4-21所示。接下来将结合案例着重介绍制订设计方案，制作模型或原型，测试、评估及优化这三个具体环节。

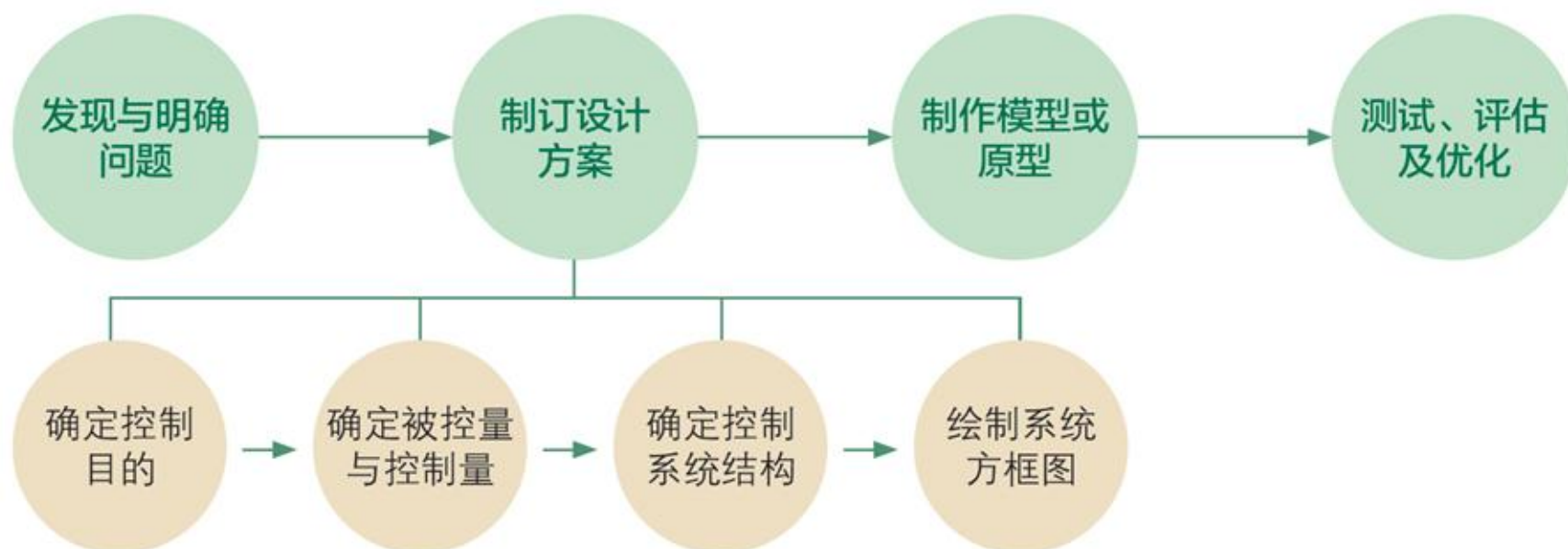


图4-21 控制系统设计的一般过程

3.2 控制系统的设计案例

随着家庭和办公自动化程度的提高以及物联网的出现，人们的生活和工作环境也在不断改善。温控电风扇可以根据周围环境的温度，实现电风扇的自动开关，提高能源利用率。我们就以温控电风扇模型为例，开启这次设计之旅。

一、制订设计方案

1. 确定控制目的

温控电风扇，顾名思义，是由温度控制的电风扇，当温度较低时，电风扇不工作；当温度较高时，电风扇自动启动。

2. 确定被控量与控制量

被控对象是电风扇，电风扇风叶的转动通常是由电机实现的，因此控制量是电机的转动，被控量（输出量）是电风扇的运转状态（启动或停止）。

3. 确定控制系统结构

控制系统包括温控电路、电机电路、风叶等。温控电路由温度传感器测量环境温度，然后将信号送入比较器，输出信号控制电机的转动。

4. 绘制系统方框图

温控电风扇的控制系统方框图如图4-22所示。



图4-22 温控电风扇控制系统方框图

二、制作模型

制作模型需要注意以下要点。

（1）先绘制温控电风扇电路图，根据电路图确定模型制作所需的材料。

（2）温控电路可以集成化的温控开关为基础进行改造。

三、测试、评估及优化

1. 测试

通电前，需要进行电路检查，包括检查各元器件的位置、参数值、连接是否正确，焊点是否可靠。通电后，要用万用表逐段检查电路所承受的电压是否正常。

测试中需注意以下方面。

- (1) 保证安全。在每次通电调试之前必须进行电路检查。
- (2) 及时纠错。调试中如果没有达到预期目的，要暂停调试，认真查找、分析，直到找到原因并改进后，方可恢复进行。
- (3) 分工明确。调试中要有专人认真做记录，包括每项调试的内容、现象、数据、问题、改正等。

2. 评估

模型的整体评估主要包括对设计方案、制作水平、模型本身的评估，如表4-3所示。

表4-3 温控电风扇模型整体评估

评价项目	评价标准	评价方式		
		自评	互评	师评
设计方案	符合设计的一般原则			
	可行性			
	先进性			
制作水平	合理性（合理选择工具和使用材料）			
	规范性（符合相应工艺规范）			
模型本身	适用性			
	耐用性			
	美观性			

等级标准：A 优秀、B 良好、C 合格、D 待改进。

3. 优化

可以通过对温控电路的进一步完善，实现在不同温度下电风扇转速的改变，如三挡转速等。



设计 & 操作

设计并制作一款有利于改善家庭生活的控制装置，可自定主题，也可从以下主题中进行选择。

➡ 自动伸缩晾衣架

➡ 烟雾报警器

➡ 防噪声窗户

➡ 声光控楼道灯



思考 & 练习

1. 结合自己的设计作品，介绍设计方案。
2. 聆听他人的设计方案，提出改进建议。
3. 分析在设计与制作过程中所遇到的困难，试提出解决问题的方案。



课外实践

鱼缸是鱼儿的家，养鱼能为人们增添生活的乐趣。请你根据在这门课程中学到的知识和方法，设计一款生态鱼缸。

提示

在进行设计时，要考虑以下问题：

要完成一款生态鱼缸的设计，都要考虑哪些因素？先做什么？后做什么？整个流程是怎样的？由于鱼缸要容纳一定量的水，因此鱼缸的支架要能承受一定的重量，这需要用到结构方面的哪些知识？生态鱼缸可以具有多种功能，如照明、恒温、水过滤等，每种功能都涉及相应的系统，你想让你设计的鱼缸拥有什么功能，这些功能都是由哪些子系统实现的？在这些功能的实现过程中，需要获得哪些信息，又需要对哪些参量进行控制？

要求

摆放鱼缸的支架结构稳固。

要布置栩栩如生的鱼缸景观。

建立充满生机的鱼缸生态系统，且该系统可以实现自动调控。

鱼缸的容量和成本均限制在某一范围内。

本章小结

人们按照自己的意愿，通过改变条件，促使事物向着期望的目标发展，就形成了控制。

控制的实现需要通过一定的手段，可分为手动控制、自动控制和智能控制。手动控制是指控制的过程是在人的直接干预和全程干预下进行的。自动控制是指控制的过程不需要人的干预，就可按期望或预定程序进行控制。智能控制是自动控制发展的高级阶段，是将人类的学习、自适应、决策等能力引入控制系统，使其具有类似于人的智能。控制广泛应用于人类的生产生活中。

一个控制过程的实现，往往要经过若干个环节，这些环节构成一个系统，称为控制系统。为了便于分析，常采用控制系统的方框图来进行控制系统的表达。

输出量不对系统的控制产生任何影响的控制系统称为开环控制系统。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。系统中将控制结果反馈回来的部分，称为反馈环节。闭环控制系统都有反馈环节，这是它与开环控制系统最大的区别。

控制系统中，除了输入量（给定值），引起被控量变化的各种因素称为干扰因素。

控制系统设计有其特殊性，它既遵循设计的一般过程，又有一些具体的、特定的问题需要解决。在制订设计方案时需要确定控制目的、确定被控量与控制量、确定控制系统结构、绘制系统方框图。

本章知识结构如图4-23所示。

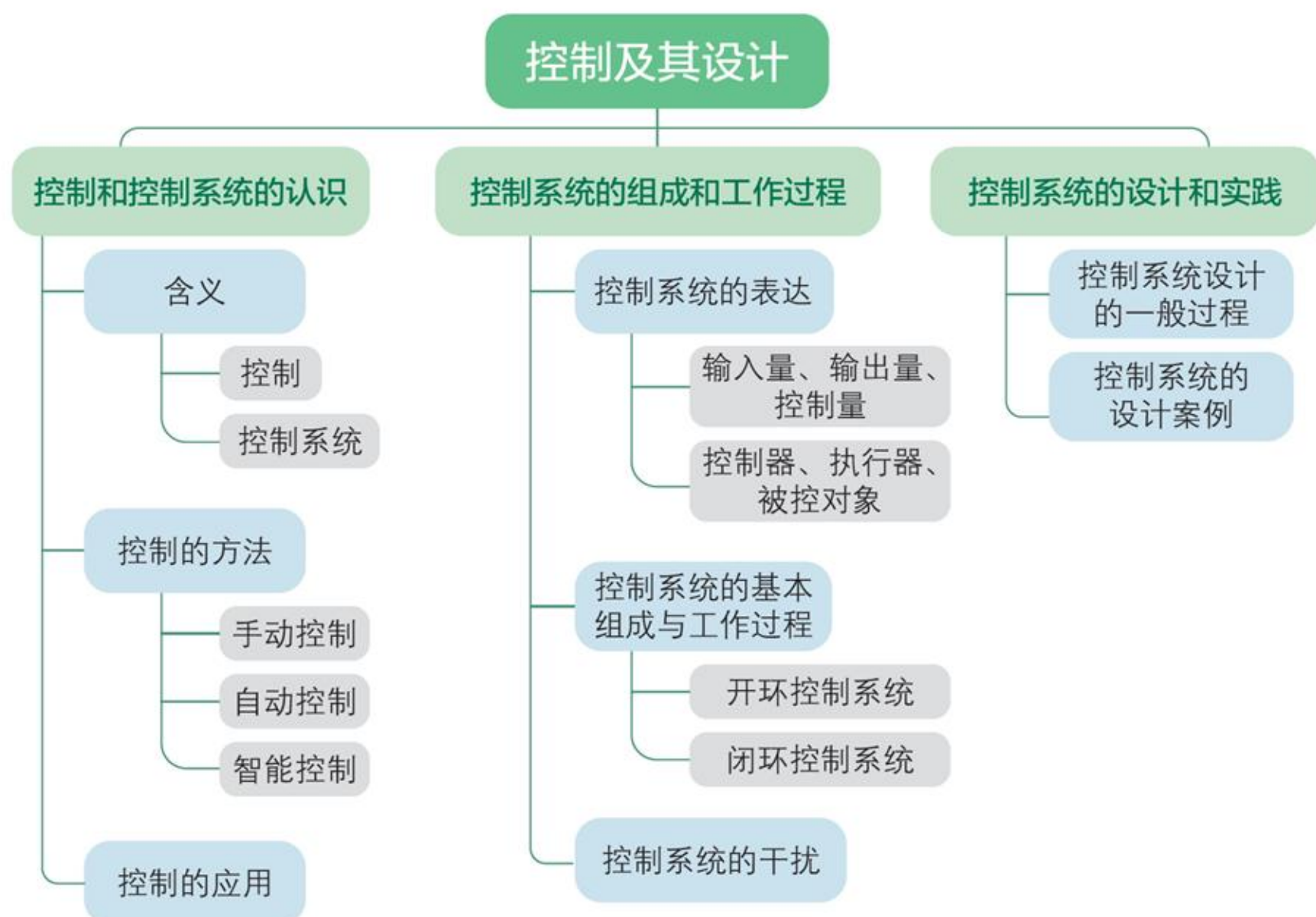


图4-23 本章知识结构

本章学习评价表

学科 核心 素养	课程内容/实践项目	评价指标	评价方式		
			自评	互评	师评
技术 意识	台灯模型、路灯模型	通过模型的制作和功能的实现，理解控制的含义与分类			
	干扰	了解干扰对开环控制系统和闭环控制系统的影响			
工程 思维	开环/闭环控制系统	能说明开环/闭环控制系统在生产生活中的应用（举例）			
创新 设计	控制系统的设计	了解控制系统设计的一般过程			
图样 表达	控制系统的表达	能绘制控制系统的方框图			
物化 能力	温控电风扇	能完成温控电风扇的制作			

等级标准：A 优秀、B 良好、C 合格、D 待改进。

后 记

本册教科书根据教育部颁布的《普通高中通用技术课程标准（2017年版）》编写，2020年经国家教材委员会专家委员会审核通过。

编写过程中，上海市通用技术教学研究基地（上海高校“立德树人”人文社会科学重点研究基地）及基地所在单位华东师范大学等单位给予了大力支持。赵强参与了本书的提纲与内容的设计和讨论。

在此感谢所有为本册教科书编写提出修改意见，提供过帮助与支持的单位以及专家、学者、教师和社会各界朋友！

本册教科书投入使用后，我们根据各方意见作了修订，真诚希望广大师生和家长继续提出宝贵意见！

联系方式

电 话：010－58758997

电子邮箱：jcfk@pep.com.cn

编者



PUTONG GAOZHONG JIAOKESHU
TONGYONG JISHU



绿色印刷产品

ISBN 978-7-107-35822-7



9 787107 358227 >