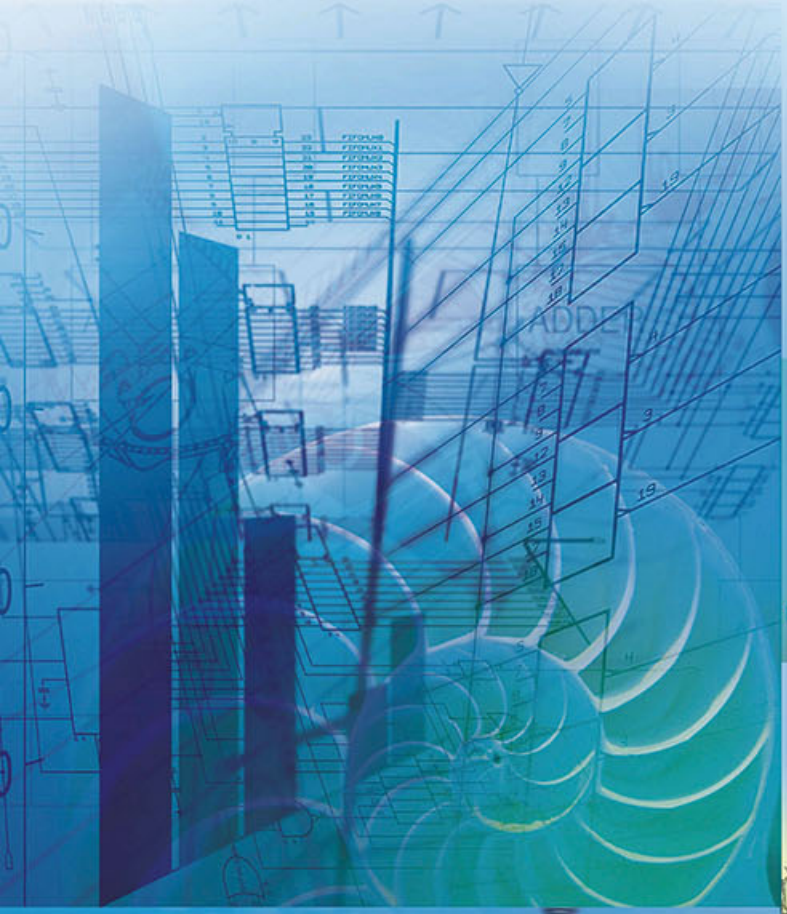
经全国中小学教材审定委员会2004年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

通用技术（必修2）技术与设计2

广东基础教育课程资源研究开发中心
通用技术教材编写组　编著



JISHUYUSHEJI2

SPM
南方出版传媒
广东科技出版社

经全国中小学教材审定委员会2004年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

通用技术（必修2）

技术与设计 2

主　　编　刘琼发

副　主　编　付　杰　李　榕　周卫星　黄志红　袁达人

本册主编　李　榕

编写人员　李　榕　常鸿森　周卫星　郑永驹　李冰清　孟　海　彭军雄　陈观鸿　蔡文俊　周　嘉　宋向明　陈冬梅

SPM

南方出版传媒

广东科技出版社

·广　州·

通用技术（必修2）

技术与设计2 Jishu yu Sheji 2

编 著 者：广东基础教育课程资源研究开发中心
通用技术教材编写组
责任编辑：莫志坚
装帧设计：黄雪莲
责任校对：梁小帆　盘婉薇
责任印制：吴华莲
出版发行：广东科技出版社
（广州市环市东路水荫路11号　邮政编码：510075）
http：//www.gdstp.com.cn
E-mail：gdkjyxb@gdstp.com.cn（营销中心）
E-mail：gdkjzbb@gdstp.com.cn（总编办）
经　　销：广东新华发行集团股份有限公司
印　　刷：广东新华印刷有限公司
（广东省佛山市南海区盐步河东中心路23号　邮政编码：528247）
规　　格：890mm × 1 240mm　1/16　印张9.75　字数190千
版　　次：2004年7月第1版
2015年12月第3版第24次印刷
ISBN 978-7-5359-5544-9
定　　价：16.06元（附光盘一张）
批准文号：粤发改价格〔2016〕18号　举报电话：12358

如发现因印装质量问题影响阅读，请与承印厂联系调换。电话：0871-67478828

Introduction

前　　言

打开这本书，看到结构、流程、系统和控制等名词，你可能觉得它们有些深奥，离你的生活和学习都很遥远。你也许会问：学这些有用吗？该怎样来学习这门课程呢？

你玩过飞镖或类似的游戏吧。投掷飞镖时，你会瞄准目标，用你认为最合适的动作将飞镖掷出。你知道吗，你投掷飞镖的过程，就是对飞镖进行控制的过程。如果班里要举行一次飞镖比赛，你可能要设计比赛方案，比如安排比赛时间、制订比赛规则等，这些其实就是一个系统设计。为了能使比赛顺利进行，要安排一些同学准备场地，另一些同学准备器材，当然还要准备一些奖品。规划这些事情，都和流程有关。而飞镖及靶子的形状、材料等都属于结构设计要考虑的问题。可见，结构、流程、系统和控制就在你的身边，它们和你的生活、学习息息相关。

本书将“结构与设计”“流程与设计”“系统与设计”和“控制与设计”设置为4个相对独立的专题来讲述，因为它们集中体现了一些典型的和有代表性的技术思想和方法。通过对这些内容的学习，你将逐步学会运用所学的思想和方法分析技术问题；通过经历将基础知识应用于技术实践的过程，你会养成实事求是、精益求精的作风，能运用规范的技术语言和设计制作过程去解决一些实际的技术问题。

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

本书由4章组成，每一章为相对独立的技术与设计专题，每个专题下有若

干节及综合学习活动与练习题。每一章都是从同学们身边的或典型的实例入手，引导大家了解相关技术与生活、生产的密切关系；在对案例的探究中，理解4个专题性技术的基本概念和相关知识；在参加各种实践活动中，初步掌握运用技术的基本思想和方法去进行技术的设计和实施；在此基础上，进行典型结构的欣赏、流程的改进，或了解控制中的干扰。最后，运用各章已学内容，进行综合学习活动。

本书正文和栏目中的版式编排生动、活泼，还附上了许多生动、贴切、有趣的图片；每章首页扼要地介绍了该章主要内容和学习目标，各章小结均设计了“知识结构”“回顾与评价”，这些都是为了使同学们能更好地理解、巩固技术的概念和内容而设置的。针对不同的学习内容，本书设置了“活动与发现”“讨论与分析”“设计与实践”“知识的运用”“拓展与应用”“参观与调查”“练习与活动”“小资料”“小知识”“知识窗”和“技术在线”等栏目，使同学们能够进行自主学习、合作学习和探究学习。

任何一门技术与设计都和科学进步、社会发展、环境保护、经济水平、文化意识等有着紧密的联系，它往往需要多种技术知识的综合运用才能够完成。希望你能将所学4个专题的知识内容融会贯通，灵活运用于实际技术问题的解决之中，并拓展到日常的生活、学习和未来的人生发展中。通过这门课程的学习，将使你养成善于发现技术问题、富于想象、敢于批判的精神，并能试着用学过的知识和技能去进行改革和创新。本书所涉及的技术思想和方法，具有广泛的应用价值，也是你学习各门选修课程的基础，希望对你今后的生活、学习以及成长具有深远的意义。

编者

2015年12月

CONTENTS

目　录

第一章　结构与设计

第一节　认识结构 …… 2

一、了解结构 …… 2

二、结构与力 …… 6

三、结构的分类 …… 8

第二节　探究结构 …… 11

一、结构的稳定性 …… 11

二、结构的强度 …… 13

三、结构的连接 …… 19

四、结构的强度和稳定性试验 …… 21

第三节　结构设计 …… 25

第四节　典型结构的欣赏 …… 31

一、自然界结构的欣赏 …… 31

二、桥梁结构的欣赏 …… 33

三、建筑结构的欣赏 …… 33

本章小结 …… 37

一、知识结构 …… 37

二、回顾与评价 …… 37

综合学习活动与练习题 …… 38

目

录

第二章 流程与设计

第一节 了解流程 …… 41

一、流程 …… 41

二、工作流程和工艺流程 …… 42

第二节 流程的组成与描述 …… 50

一、流程的基本组成 …… 50

二、流程的描述 …… 55

第三节 流程的设计 …… 59

一、流程设计的基本因素和步骤 …… 59

二、流程的设计和实践 …… 61

第四节 流程的改进设计 …… 64

一、流程改进的目的 …… 64

二、流程改进的步骤和方法 …… 66

本章小结 …… 75

一、知识结构 …… 75

二、回顾与评价 …… 75

综合学习活动与练习题 …… 76

第三章 系统与设计

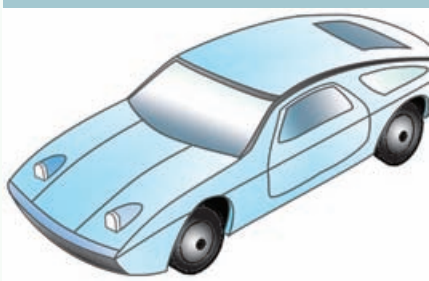
第一节 认识系统 …… 79

一、系统是普遍存在的 …… 79

二、什么是系统 …… 82
第二节　系统的分析 …… 84
一、系统的基本特性 …… 84
二、系统分析的基本方法 …… 89
第三节　系统的优化 …… 94
一、系统优化的意义 …… 94
二、系统优化的实现 …… 95
第四节　系统设计的基本方法 …… 100
本章小结 …… 113
一、知识结构 …… 113
二、回顾与评价 …… 113
综合学习活动与练习题 …… 114

第四章　控制与设计

第一节　了解控制 …… 118
一、控制 …… 118
二、开环控制和闭环控制 …… 121
三、手动控制和自动控制 …… 123
第二节　控制系统的组成和描述 …… 124
一、控制系统的组成 …… 124
二、控制系统的框图表示 …… 127
第三节　简单控制系统的设计 …… 129



目

录

一、控制系统设计概论 …… 129

二、设计实例 …… 131

第四节　控制中的干扰 …… 135

一、干扰对控制功能的影响 …… 135

二、克服干扰的基本方法 …… 136

本章小结 …… 139

一、知识结构 …… 139

二、回顾与评价 …… 139

综合学习活动与练习题 …… 140

必修2综合学习活动 …… 142

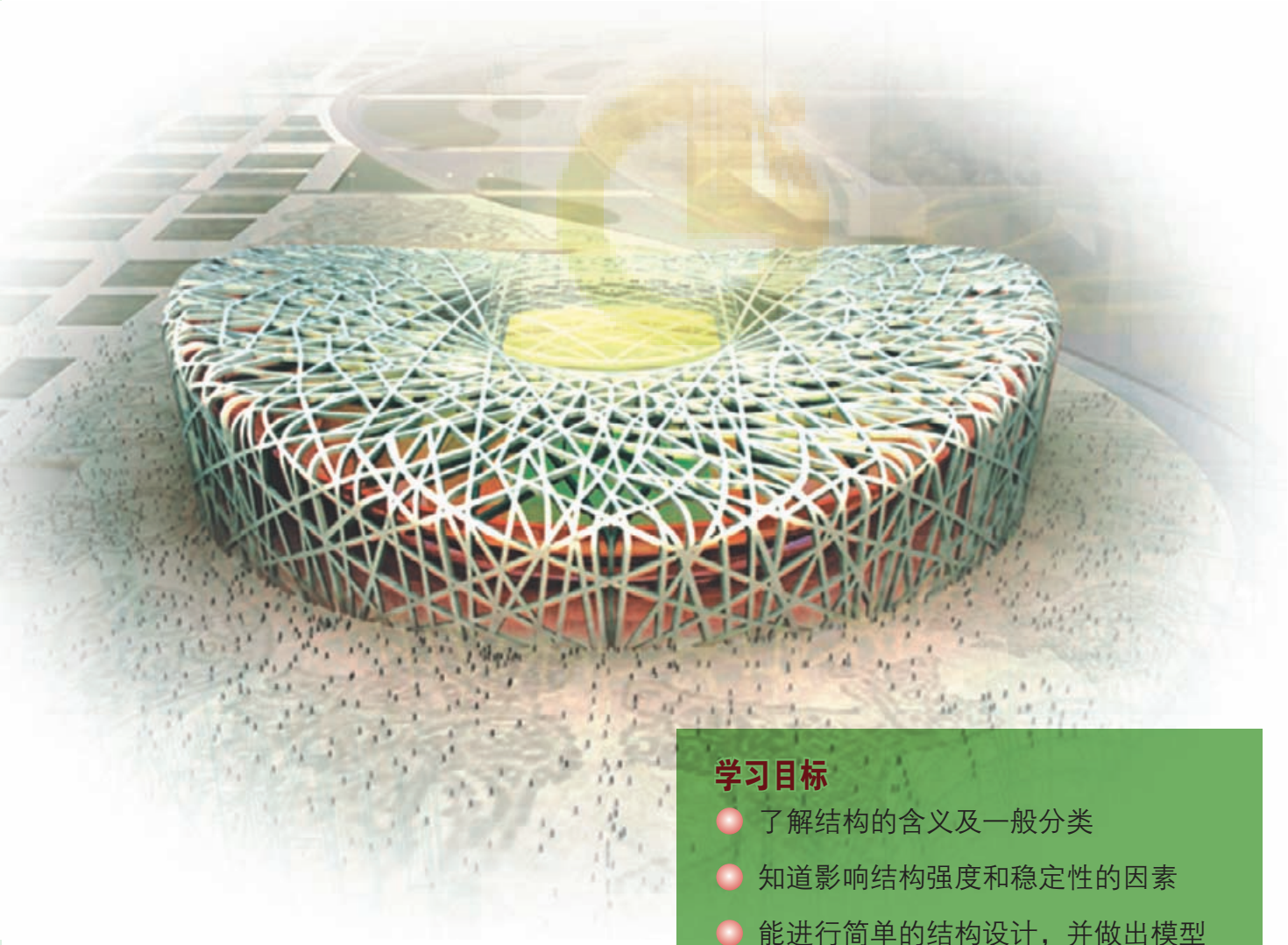
一、简易活塞式抽水器设计与制作 …… 142

二、电动汽车模型设计与制作 …… 144

三、水陆两栖船模型设计与制作 …… 147

第一章　结构与设计

环视我们的周围，大到摩天大厦、跨海桥梁，小至图钉、回形针等，它们都有结构。结构普遍存在于自然界的物体中，也存在于人类创造的各种物体中。物体的结构需要能够抵御外力的作用，结构的稳定性和强度是必须考虑的重要因素。当人们进行各种产品设计时，结构设计往往是不可缺少的，它既可以让设计的产品实用、美观，也可以使其稳固和安全。各种结构展示了人类的智慧和创新能力，也给我们带来了美的享受。



学习目标

- 了解结构的含义及一般分类
- 知道影响结构强度和稳定性的因素
- 能进行简单的结构设计，并做出模型
- 会做简单的技术试验

第一节　认识结构

一、了解结构

蜜蜂是自然界中卓越的建筑大师，蜂巢的结构精巧又美观。蜂巢由几千甚至数万间蜂房组成（图1–1），每间蜂房都是大小相等的六棱柱体，底面由3个全等的菱形面封闭起来，形成一个倒角的锥形，每排蜂房平行排列并相互嵌接，这种结构用材最少而容积最大。

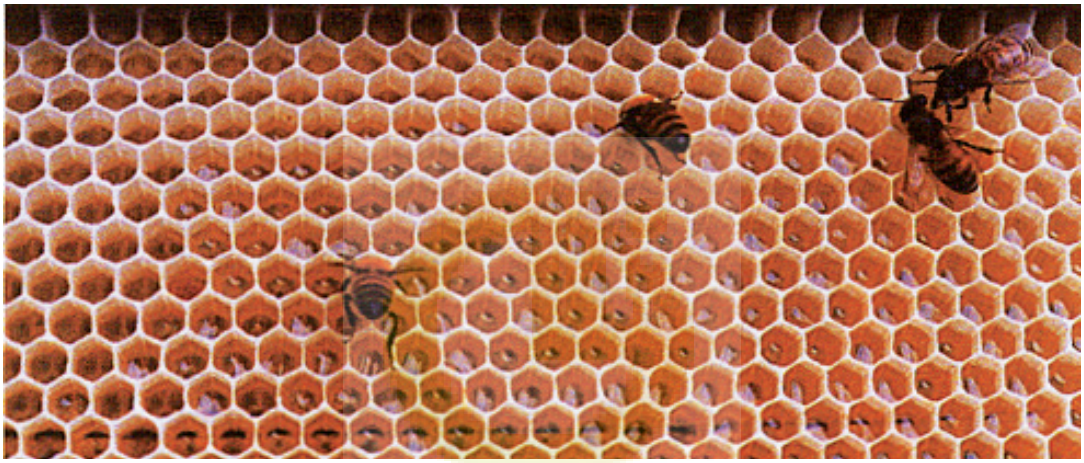


图1–1　蜂巢

结构（structure）普遍存在于自然界的物体中，也存在于人类创造的各种物体中，形式多种多样。为了解结构，让我们首先观察几组照片（图1–2至图1–7），感受多种多样的结构。

长城是中华民族的骄傲与象征，是世界伟大的古代建筑奇迹之一（图1–2）。长城西起甘肃嘉峪关，东至河北山海关，全长约6 300 km。长城以悠久的历史、浩大的工程、雄伟的气魄著称于世。长城是砖筑实体结构。

图1–2　万里长城

图1–3　应县木塔

山西应县佛宫寺木塔是世界上现存古代最高的木质框架结构建筑（图1–3）。它始建于1056年，塔高67 m，经历了近千年的风雨和地震的考验，仍然完整地屹立着。

图1–4　埃菲尔铁塔

法国的埃菲尔铁塔是世界上第一座钢质框架结构的塔（图1–4）。它宽大的底座平稳坚实，2层以上猛然收缩，细长的塔尖高耸入云，直指苍穹，给人峻峭、挺拔的感觉。

建筑物的结构必须坚固、稳定性好，还要能够抵御强风、地震等自然力的破坏。

图1–5　赵州桥

赵州桥是中国现存最著名的古代石拱桥（图1–5），建于公元596—605年，为弧形单孔石拱桥，全长64.4 m，拱顶宽9 m，结构坚固，雄伟壮观。

日本的明石海峡大桥是悬索结构桥（图1–6），它竣工于1998年，桥长接近4 km，主跨之间1 900 m。它的总体质量达91 000 t，可抵御时速290 km/h的台风和里氏8.5级的地震。

图1–6　明石海峡大桥

桥梁结构的设计取决于它所承载桥体的长度、要跨越的障碍物的性质以及桥梁下方的地质情况。桥所承受的荷载包括桥自身的重力、通行车辆的压力、风力和水流的冲击力等。

由几块弯曲的木板插接而成的跷跷板，结构简单，动感无穷（图1–7）。

图1–7　跷跷板

跷跷板的结构要求能承载儿童的重力，能摇晃但不倾覆，也不发生明显的变形，以保证安全。

为了进一步了解结构，我们开展如下的调查活动。

参观与调查

调查项目

同学们可自主选择参加下列活动中的任何一项，也可自主设置活动。以小组合作的方式，对我们身边的建筑物或生活用品的结构特征进行调查（建议调查在课前完成）。

- 活动1

调查3座以上不同形状的桥梁。可考察当地的桥梁，也可查找各种桥梁的有关资料。

- 活动2

调查校园里3种以上不同形状的房屋。

- 活动3

调查3种以上不同样式的椅子。

上述调查活动可从以下几个方面展开：了解修建（或制造）时间、用途、所用材料等；观察它们的形态（最好绘制草图或用照相机拍摄记录）、主要组成部分、各部分的连接方式等；归纳不同桥梁、房屋和椅子各自的共同点。

- 自主设置活动

组织与分工

每3～5位同学为一组，自由组合，选出组长。选定活动项目，确定工作任务，并在组内进行分工（表1–1）。

表1–1　小组活动项目及分工

活动项目	
组员姓名	小组分工
主要的活动内容、方法及进度安排等	

说明：各小组要根据情况对任务进行具体的分析，并依据小组各成员的特长做出适当的分工；此外要对所开展的活动内容进行细化，并提出可行的解决方法，在时间和人员方面做出具体安排等。

调查过程

◎任务提示
- 收集资料
- 调查记录
- 整理资料
- 展示成果
- 调查报告

调查可采用实地考察、上网查询或其他方法，并做好记录。这里我们以桥梁调查记录表为例，同学们可参照表1–2自行设计调查记录表。

表1–2　桥梁调查记录

桥梁名称	修建时间	用途	形状	材料	主要组成部件	部件的连接方式	限载	其他
共同点：								

说明：调查记录表的栏目可以针对活动描述中需要解决的问题进行设计。

展示与交流

用恰当的技术方式总结调查结果，并写出调查报告，在班内展示。

通过成果展示，请同学们就下列问题进行讨论和交流：

1. 桥梁、房屋或椅子的形态怎样？整体会受到什么外力的作用？为什么要建（造）成这种样子？
2. 各主要部件在整体中起什么作用？各承受什么力的作用？
3. 分别归纳桥梁、房屋和椅子各自有哪些共同点？三者之间有哪些共同点？

◎技术方式
- 文本
- 技术图样
- 图、表
- 多媒体作品

总结

对本次调查活动进行评价和总结，并提出改进的建议。

二、结构与力

◎构件

椅面、椅背、椅腿和横档是椅子的组成部分。任何结构都是由许多部件和零件所组成的，在工程中称这些部件和零件为构件（member）。

上面我们了解了各式各样的结构，这些结构都要承受力的作用，那么结构与力有什么关系呢?

例如，椅子是用于坐或承重的。椅子一般是由椅面、椅背、椅腿和横档构成。椅子必须要能够支撑其自身的重力和人的压力。人坐在椅子上时（图1–8），对椅子的椅腿施加压力，为使椅子在压力的作用下不发生几何形状的过分改变，常用的方法之一是在椅腿之间增加横档，以保持其稳固。椅背必须要能承受人体向后的压力，并保持结构基本不变。椅子的例子告诉我们，在结构设计时，首先应考虑结构必须能够承受功能所要求的外力。

讨论与分析

请同学们观察图1–9，并联系讨论题进行分析。

1. 桥在承受外力时，它的形状有明显的变化吗?
2. 从受力的角度比较椅子和桥的共同之处。

图1–8　人坐在椅子上

图1–9　人走在木桥上

◎变形

亦称“形变”。在外力作用下，结构会发生几何形状的改变，构件的形状和大小也会有改变，这些改变在工程上称为变形（deformation）。

通过对椅子和桥梁等的调查、讨论和分析，应该发现这些结构都具有一定的形状，都需要承受外力的作用，在一定的范围内都具有抵御其形状和大小改变的能力。

结构是指可承受一定应力*的物体形态，结构可以抵抗能引起形状和大小改变的力。

* 应力的概念请参见本章第二节中的“结构的强度”中的有关内容。

当我们知道了结构与力的关系以后，还需要进一步了解作用在结构或构件上的各种力。

设计与实践

请同学们取出一张纸，折叠成条状。将纸条看成是组成结构的构件。通过下面的实验，了解作用在构件上的5种不同种类的力，即拉力、压力、扭曲力、弯曲力和剪切力。

1. 用两手抓住纸条两端，如图1–10（a）箭头所示向外拉伸，观察拉力产生的变形。

2. 用两手抓住纸条两端，如图1–10（b）箭头所示向内挤压，观察压力产生的变形。

3. 用两手抓住纸条两端，如图1–10（c）箭头所示分别向不同的方向旋转，观察扭曲力产生的变形。

4. 将纸条两端放在分开的两本书上，如图1–10（d）箭头所示，用手指在纸条上向下用力，观察弯曲力产生的变形。

5. 用两手的食指和中指夹住纸条，并紧贴在一起，如图1–10（e）箭头所示，两手分别向相反的方向平行用力，观察剪切力产生的变形。

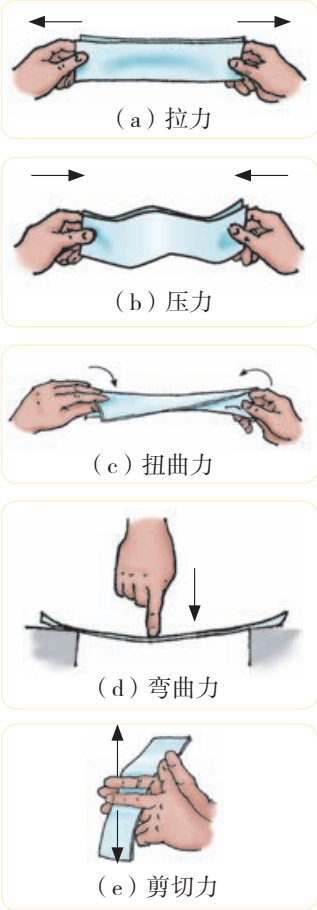


图1–10　5种不同种类的力

在日常生活中，我们所用到或见到的许多结构中的构件都需要能够承受相应的力，如：书包带要承受拉力，椅子的腿要承受压力，单杠的横杆要承受弯曲力（图1–11），螺丝刀需要承受扭曲力（图1–12），剪纸时纸条受到剪切力（图1–13）。

图1–11　弯曲力

图1–12　扭曲力

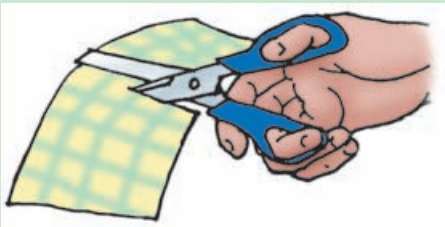


图1–13　剪切力

三、结构的分类

根据物体的结构形态在受力时承受和传递力的方式的差别，一般可将结构分成3种基本类型：实体结构（mass structures）、框架结构（framed structures）和壳形结构（shell structures）。挡土墙、城墙、铅球（图1–14）等都是实体结构的例子，画框（图1–15）、悬索桥铁架、幼儿学步车等都是框架结构的例子，帐篷、汽车发动机盖、悉尼歌剧院（图1–16）等都是壳形结构的例子。

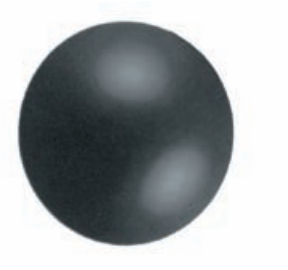


图1–14　铅球

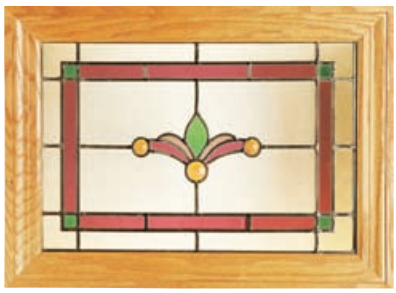


图1–15　画框

图1–16　悉尼歌剧院

知识的运用

1. 请同学们对图1–17给出的物体进行结构分类。

图1–17　各种结构

2. 列举生活和工农业生产中一些常见的物体，并试对其进行结构分类。

我们已经知道了结构的分类，下面通过一些活动来探究这3种结构的特点。

设计与实践

1. 将木块垒成墙的形状（图1–18），进行承重和撞击试验。观察木墙的变形，分析其受力的情况，并由此归纳出实体结构的特点。

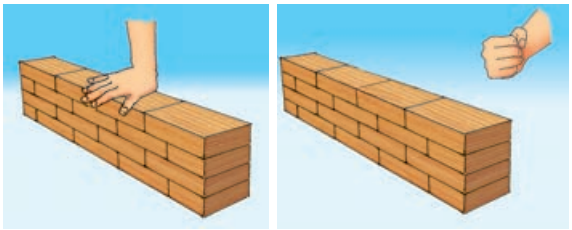


图1–18　承重和撞击试验

实体结构的特点：

2. 用胶水（如502胶等）把木条粘制成三角形木框和四边形木框，分别进行按压和拉伸试验（图1–19）。观察框架的变形，分析两种框架结构受力的情况，并由此归纳出框架结构的特点。

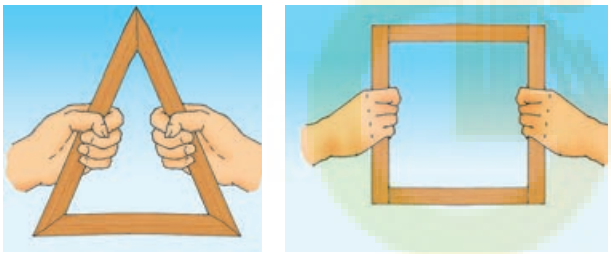


图1–19　按压和拉伸试验

框架结构的特点：

3. 取两张具有一定厚度的纸，一张平放在厚度相同的4本书上；另一张弯成弧形，并将纸边固定（图1–20）。分别在这两种形状的纸上施加相同重物，比较它们受力时的变形情况，并由此归纳出壳形结构的特点。

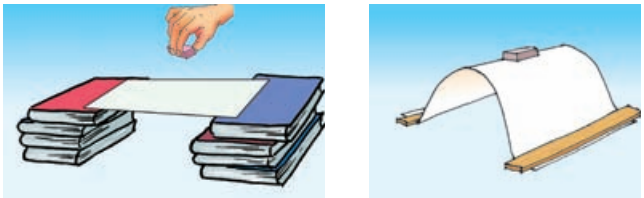


图1–20　承重试验

壳形结构的特点：

讨论与分析

进一步分析壳形结构是如何承受和传递力的。联系贝类和硬壳类果实的形状进行讨论。

1. 实体结构利用自身来承受荷载，主要承受压力。

2. 框架结构通过条状物的连接来承受荷载，既可以承受压力又能够承受拉力。

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

知识的运用

在实际生活中，某些结构往往是实体、框架、壳形等基本结构的组合形式。请同学们分析图1–21、图1–22的建筑物由哪些基本结构组成，各结构分别起到什么作用？

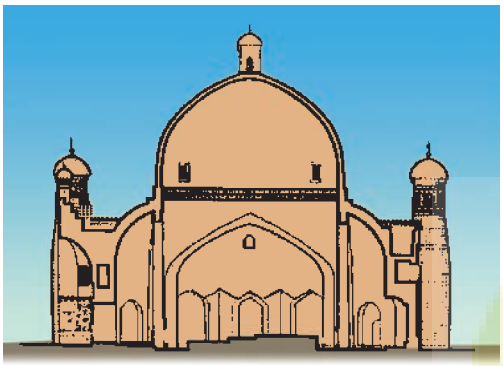


图1–21　拱顶建筑

图1–22　桥梁

本节练习题

1. 结构的构件受力多种多样，基本的受力形式有（　　）。

①重力　②拉力、压力　③剪切力、扭曲力　④弯曲力

A. ①②④　　B. ①③④　　C. ①②③　　D. ①②③④

2. 除重力外固定空调室外机铁架的螺钉受到的外力叫（　　）。

A. 拉力　　B. 扭曲力　　C. 剪切力　　D. 弯曲力

3. 图1–23是2008年北京奥运会主会场“鸟巢”。“鸟巢”的主体结构类型是（　　）。

A. 实体结构　　B. 框架结构

C. 壳体结构　　D. 以上都不是

图1–23　鸟巢

4. 请同学们分析：为什么轻轻一敲鸡蛋就破了，但把鸡蛋握在手心里，用很大力也握不破它呢？

5. 分析人对椅子和人对桥的压力最终是由什么物体来承受的？

第二节　探 究 结 构

我们已经初步认识了结构。物体的结构必须具有一定的稳定性和强度，否则就会发生坍塌。

图1–24　坍塌前的彩虹桥

图1–25　彩虹桥坍塌后的惨状

例

彩虹桥的坍塌

1996年2月16日，连接四川省綦江县新、旧城区的人行跨江大桥——彩虹桥落成（图1–24）。它是一座中承式拱形桥，长102 m，宽10 m，主要供行人步行之用。

1999年1月4日18时48分，这座竣工还不足3年的大桥，在没有任何先兆的情况下整体坍塌。一刹那，桥身及拱架断裂为4段摔向水面（图1–25），桥上的士兵及群众翻滚着掉进了冰冷刺骨的河水里，这次塌桥事故造成数十人死伤。

1999年1月8日，由专家组成的事故调查组，公布调查结果：彩虹桥的主要受力拱架钢管焊接不合格，存在严重缺陷，个别焊缝有陈旧裂痕。

今天当人们走在新建的彩虹桥上，享受着它给我们带来的通行便利的同时，决不应忘记桥梁质量和安全的重要性。

彩虹桥坍塌的例子也启发我们进一步思考：影响结构稳固的因素有哪些呢？让我们通过下面的学习共同探讨。

一、结构的稳定性

讨论与分析

1．你知道如何正确使用A形铝梯（图1–26）吗？你注意过A形铝梯上的使用说明吗？为什么要这样提示呢？

2．观察A形铝梯工作时的状况，你认为A形铝梯为什么能承受人体的压力？

图1–26　A形铝梯

◎A形铝梯的使用说明

①将两梯面张开呈“人”字形，横杆必须平直。

②4只梯脚必须与地面接触。

③梯级最大承重为85 kg。

④梯脚对地面绝缘电压为800 V。

三边确定的三角形构成稳定的几何结构。A形铝梯的两梯面和横杆构成三角形的几何结构，就是利用了三角形几何结构的稳定性。一般情况下，梯子打开的时候，梯面与地面组成三角形，梯子本身就能站得稳。当连接两个梯面的横杆拉直时，两个梯面的上半部分就与横杆构成了稳定的三角形，这就进一步加强了梯子的稳定性，保证了梯子能承受人体的压力。

知识的运用

为什么如图1–27所示的一些常见物品不易倾倒？用你所学的知识进行解释。

落地风扇

落地灯

电脑显示屏

不倒翁

图1–27　一些常见物品的稳定性设计

结构在荷载的作用下维持其原有的平衡形式的能力，叫作结构的稳定性（stability）。结构的稳定性与它的几何形状、支撑面积的大小和重心位置密切相关。结构要达到稳定，首先，它的整体几何结构必须科学合理；其次，一个物体支撑面积越大，重心越低，其稳定性越大。在进行结构设计时，要尽可能使其重力集中在底部，降低重心，并使重心垂线落在底面积内，从而提高结构的稳定性。

◎力矩

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

同学们可能参加过跨栏训练（图1–28）吧！你知道跨栏是怎样倾覆的吗？

如图1–29所示是跨栏的侧视图，外力（碰触力、风力）F 对转动轴O的力矩将引起跨栏倾覆，而跨栏的重力G对轴O的力矩起抵抗倾覆的作用，以保持跨栏的稳定。

当倾覆力矩大于抗倾覆力矩时，跨栏就要绕O轴按逆时针方向转动；反之，跨栏就保持其稳定平衡状态不变。

图1–28　跨栏的过程

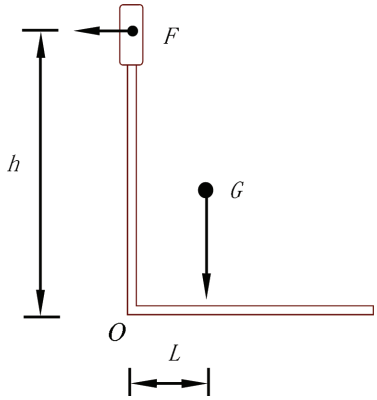


图1–29　跨栏的侧视图

讨论与分析

请同学们分析讨论为什么不能从相反的方向跨栏。

知识窗

三角形的稳定性

建筑工程中广泛运用了三角形的稳定性。房子、桥梁的桁架大多是由多个三角形构成的；钢架结构的十字钢梁同样是运用这一原理；空调支架（图1–30）中的三角形结构也增加了稳定性。在四边形的框架中用两条杆件作对角线，形成多个三角形，既节省了用料，减轻了结构的质量，又有效地加强了结构的强度和稳定性。十字钢梁是建筑工程中常用的构件，如在高压输电的铁塔、悬索桥的塔架、摩天大楼钢架结构等都被普遍地采用。

图1–30　空调支架

二、结构的强度

（一）强度与应力

结构的强度是通过构件和材料来体现的。构件在外力作用下会变形，同时构件内部各质点之间的相互作用力发生了改变，这种作用力的改变称作内力（internal force）。

一般来说，外力越大，则构件的内力越大。当内力达到一定数值时，构件就会被破坏。在工程技术中，不允许任何构件在正常工作情况下被破坏，这就要求构件和材料必须具有抵抗破坏的能力，这种能力称作强度（strength）。

从强度角度看，外力越大，构件内力随之越大，构件被破坏的危险就越大，但仅仅内力的大小还不能确切地反映一个构件危险的程度。那么它还与什么有关呢？我们可以通过一个小试验来探究。

设计与实践

在横杆上悬挂两条粗细不同的同一种材料（纸或泡沫等）做成的直杆（图1–31），把重物逐一加挂在直杆下的挂钩上，直至直杆断裂为止。

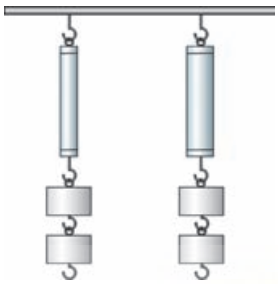


图1–31　承重试验

◎警示
直杆断裂及重物下坠时要注意安全！

思考：用同一材料做成的两条拉杆，在相同拉力的作用下，为什么两者被破坏的程度不同？

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

构件单位横截面积所受的内力称为构件的应力（stress）。下面的公式表示应力、内力和横截面积之间的定量关系。

$$\sigma=N/A$$

σ —— 应力
N —— 内力
A —— 横截面积

国际单位制中，应力的单位是帕，符号是Pa。由于帕是一个很小的单位，在工程上往往使用兆帕（MPa）。面积的单位是平方米，符号是m^2。内力的单位是牛，符号是N。

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

以上我们学习了结构的强度，下面具体分析在结构设计中应如何考虑强度因素。

例1

建筑物的支柱是怎样承受压力的？

如图1−32，支柱受到3个外力的作用：梁及荷载对柱的压力P，支柱本身的重力G，基础对支柱的支撑力N。

根据力的平衡条件：$N=P+G$，支柱维持平衡状态。

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

根据应力的理论，支柱产生变形或被破坏的危险性并不是处处一样的。由于支柱与基础的结合处既要承受梁及荷载的压力，又要承受支柱自身的全部重力，因而此处截面的应力应最大（图1−33）。为了保证支柱在一定荷载下不被破坏，就必须准确计算最大的工作应力，合理设计柱体的大小，使支柱有足够的强度，这样既确保安全，又避免浪费材料。

图1−33是一混凝土方柱的示意图，支柱的横截面为边长$L=400$ mm的正方形，支柱顶受轴向压力$P=45$ kN，支柱重力$G=22$ kN，求支柱的底截面$l-l$上的应力。

解：假想用平面在截面$l-l$处截开，取柱为隔离体，根据平衡条件可求得：

$$P+G-N=0$$

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

求应力：

$$\sigma=N/A=67\ 000\ \text{N}/(0.4\ \text{m}\times 0.4\ \text{m})$$
$$=418\ 750\ \text{N/m}^2$$
$$\approx 0.419\ \text{MPa}$$

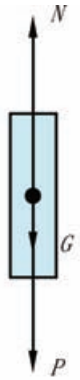


图1−32　支柱受力分析

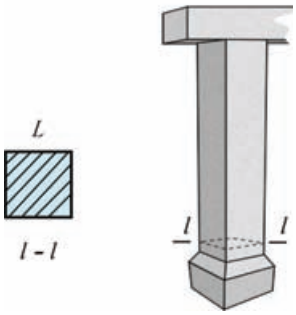


图1−33　建筑物的支柱

◎张力

绳受到拉力作用时，各段相互之间也有弹力的作用，这种内部的弹力叫作张力。张力属于内力。

例2

扭绞的绳子为什么不容易拉断？

同学们可能都参加过拔河活动吧？大家想一想，拔河用的绳子是怎样的？为什么要做成这个样子？

拔河的时候，绳受到两边拉力的作用，内部就产生了抵抗拉力的张力。当张力超过一定值时，绳子就会在应力最大的地方被拉断。如果拉力不变，加粗绳子，就可以增强抵抗张力的能力。

若把多股细绳绞合在一起，就可以防止它们之间的相对移动，保证各股细绳同时受力，实际上也就是有效地增大了绳子的横截面积，减少了绳子的应力。所以拔河用的绳子往往是用多股细绳绞合在一起而成的。同样道理，起吊重物用的钢缆、悬索桥的钢索也是由多股钢丝拧绞组成的。

（二）强度与材料

1．强度与所用材料有关。

我们都会有这样的经验，用手挤压纸杯，纸杯就会变形；而用同样的力挤压不锈钢杯，不锈钢杯的外形则无明显改变。这一简单的例子揭示了结构强度与材料的关系。

材料的强度和应力的概念广泛地运用在工程技术方面，同学们可从知识窗中作进一步的了解。

讨论与分析

许多现代的建筑物都是用钢筋混凝土梁、柱构成的框架。混凝土能承受压力，但不耐拉力。图1–34所示为混凝土梁受荷载的情况，它上部受到压力被挤压，下部受到拉力被拉伸。

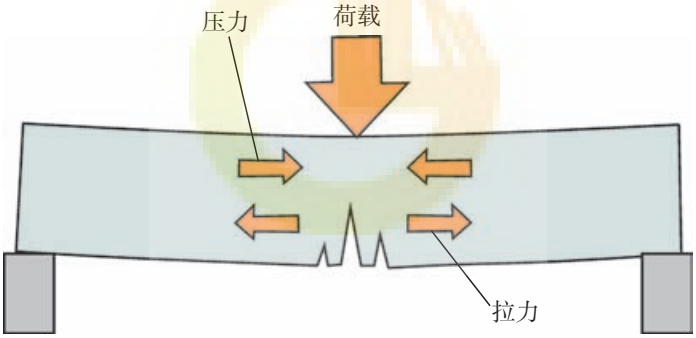


图1–34　混凝土梁受荷载的情况

1．根据混凝土梁受荷载的情况，讨论混凝土梁所存在的弱点。

2．根据图1–35所示钢筋混凝土梁受荷载的情况，解释混凝土梁加入钢筋后是如何克服混凝土梁的弱点的。

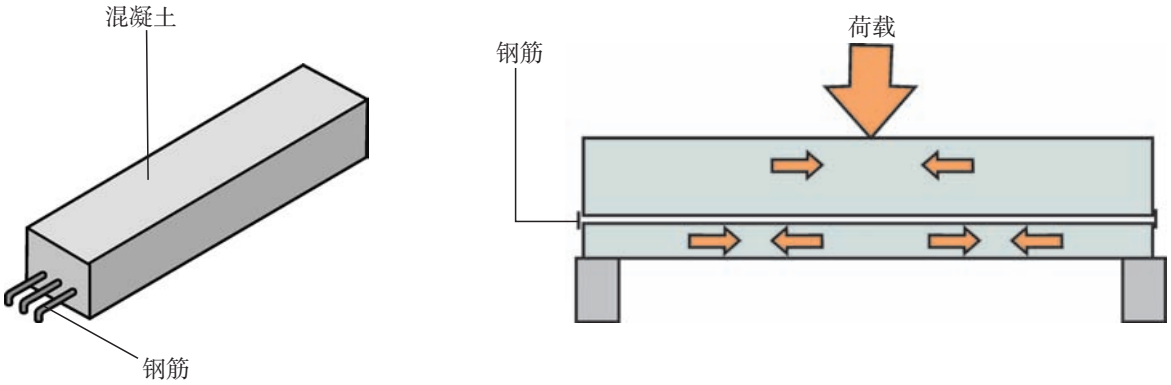


图1–35　钢筋混凝土梁受荷载的情况

3. 如果在建筑物建造过程中，钢筋混凝土梁未按照设计要求放置规定的钢筋数目，钢筋混凝土梁在受到规定的荷载下将会发生什么情况？

知识窗

许用应力

当应力达到某一极限值时，材料便遭到破坏，因而设计中必须使构件的强度留有必要的余量，作为设计时应力的最高限度，这个最高限度值称为许用应力。表1–3列出了几种常用材料的许用应力值。

表1–3　几种常用材料的许用应力值　　MPa

材料	抗拉应力	抗压应力
灰铸铁	28 ~ 78	18 ~ 147
普通碳钢Q215（A2）	137 ~ 152	137 ~ 152
普通碳钢Q235（A3）	152 ~ 167	152 ~ 167
低碳合金钢	211 ~ 238	211 ~ 238
铜	29 ~ 118	29 ~ 118
铝	29 ~ 78	29 ~ 78
松木（顺纹）	6.9 ~ 9.8	8.6 ~ 12
混凝土	0.098 ~ 0.69	0.98 ~ 8.8

2. 强度与材料的形状有关。

设计与实践

以小组为单位做下面的试验：

1. 如图1–36，将3条长条形的木条叠放在一起，放在两摞厚度相同的书上，两摞书保持一定的距离，然后在木条上悬挂重物，逐渐增加悬挂物的质量，观察木条的变形。

2. 将试验1中的3条长条形木条沿长边相互粘接（图1–37），形成一个三棱柱体，放在与试验1相同厚度的书上，重复试验1的步骤，记录三棱柱的变形情况。

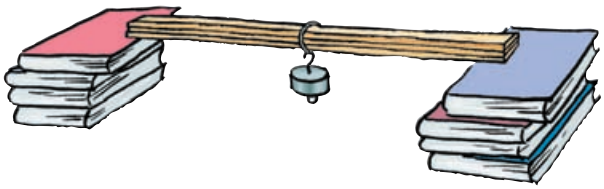


图1–36　承载试验1

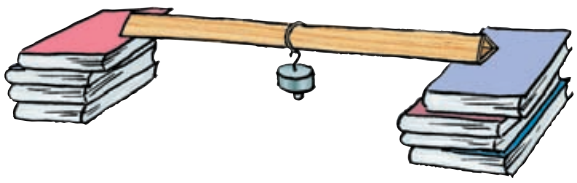


图1–37　承载试验2

比较以上两种不同形状的木条的变形情况，你们小组得出了什么结论？

结构的强度不仅与材料有关，而且与所用材料本身的形状有关。人们常常把构件直接做成一定的形状，如工业生产中的“工”字梁、角钢、管材等型材。由于这些型材在相同结构强度的情况下，具有用料少、质量轻等优点而被广泛应用。如图1-38是横截面形状像“工”字形的金属横梁，被称为工型横梁，它被广泛应用于建筑中，构成建筑物的骨架。

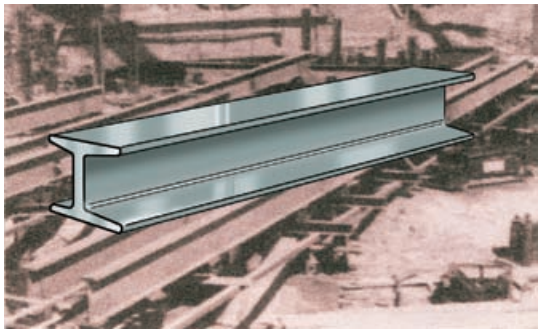


图1-38　工型金属横梁

薄板材料可以通过折叠改变结构来加固，例如薄的钢板通过折叠板的边缘构成具有一定强度的板架，如图1-39所示。类似地，现代汽车上的薄板通过精心的折叠设计，得到所需要的强度，如图1-40所示。一张软纸，可以通过折叠成可伸缩（手风琴式）的形状而得到加固，也可以紧紧地卷成管状以进一步增强它的强度，如图1-41所示。

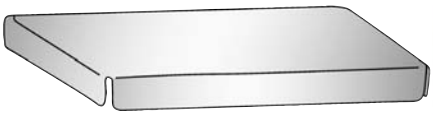


图1-39　薄钢板折叠构成的板架

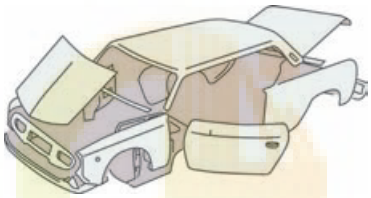


图1-40　汽车上的薄板折叠设计

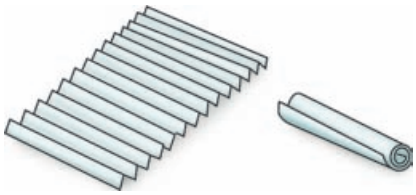


图1-41　软纸折叠成可伸缩的形状和卷成管状

材料的横截面的形状亦极大地影响它的强度，图1-42比较了具有相同横截面积，而不同截面形状的同种材料的强度。图中所示的是按强度由强至弱的顺序由左至右排列。

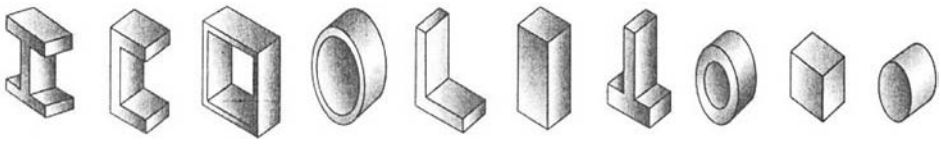


图1-42　不同截面形状、相同横截面积的同种材料的强度排列顺序

知识窗

刚　　度

刚度是指构件抵抗变形的能力。

构件在外力作用下会产生变形。在某些情况下，构件虽有足够的强度，但若受力后变形过大，即刚度不够，也会影响正常工作。例如机床主轴变形过大，将影响加工精度；铁路桥梁在列车通过时，若变形过大，则会影响列车的正常行驶，甚至危及行车安全。因此，在工程上要求构件的变形必须限制在允许的范围内。

知识的运用

你见过图1–43中各种形状的材料吗？说说它们常用在什么地方？

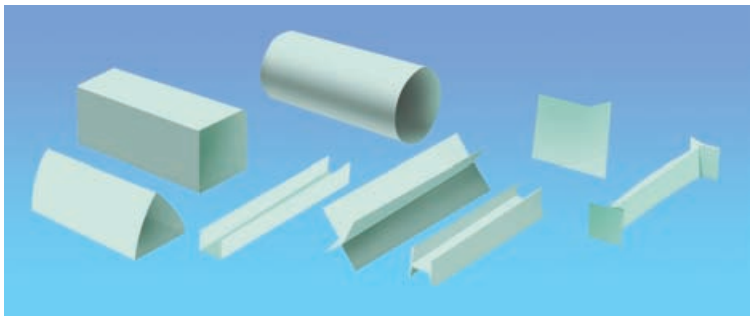


图1–43　各种型材

三、结构的连接

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

让我们通过下面的活动，观察连接对结构稳固的影响。

设计与实践

试用扑克牌搭建如图1–44所示的结构，比较搭建时分别采用粘接和不粘接两种方法所出现的不同现象，并说明原因。

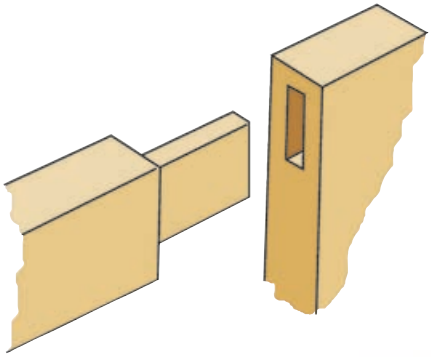
图1–44　扑克牌搭建的结构

方法	现　象	原　因
粘接		
不粘接		

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

榫卯是中国古代建筑、家具及其他木制器械的主要结构方式（图1–45）。榫卯泛指在两个木构件上所采用的一种凹凸结合的连接方式。凸出部分叫榫（或榫头），凹进部分叫卯（或榫眼、榫槽），榫和卯咬合，起到连接作用。在实际应用中有几十种不同的榫卯。

斗拱是中国建筑特有的一种结构，在立柱和横梁交接处，从柱顶上加的一层层探出成弓形的承重结构叫拱，拱与拱之间垫的方形木块叫斗，合称斗拱（图1–46）。斗拱既有结构上的承重作用，用以承托伸出的屋檐，将屋顶的重量直接或间接转移到木柱上，同时还具有装饰的艺术作用。



（a）榫接

（b）榫卯的小凳

图1–45　榫接及其应用

（a）斗拱

（b）2010年上海世博会中国馆

图1–46　斗拱结构

生活经验告诉我们，榫接的木椅比钉接的稳固，不易变形。在实际结构中，各构件的连接方式是多样的。除上述的榫接外，常见还有铰接（图1–47）、螺栓连接（图1–48）、胶接、绳系、焊接（图1–49）、铆接（图1–50）等。

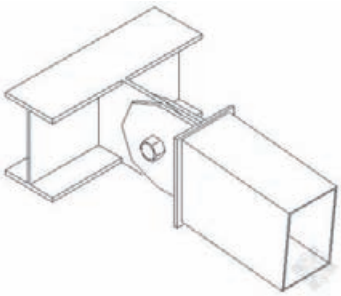


图1–47　铰接

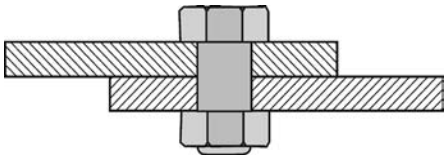
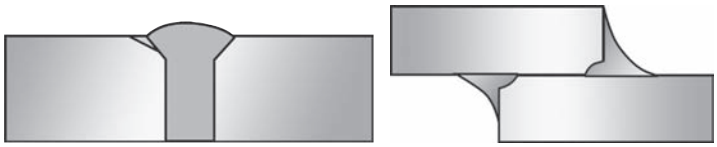


图1–48　螺栓连接



（a）对头焊接　（b）搭头焊接

图1-49　焊接

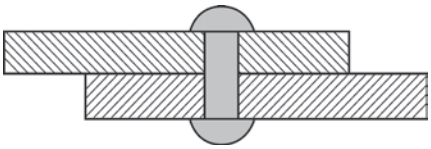


图1-50　铆接

知识窗

构件的结点

一般我们把构件间的连接区叫作结点，结点有两种：

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

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

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

知识的运用

1. 说说A形铝梯各构件间采用的是什么连接方式。根据“知识窗”所提供的知识，讨论为什么采用这样的连接方式。

2. A形铝梯中各构件的连接对其强度和稳定性有什么影响？

四、结构的强度和稳定性试验

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

做以下技术试验的目的是使同学们加深对本章知识的理解，并通过技术试验了解影响结构强度和稳定性的多种因素。

图1–51　三脚架

图1–52　拴了橡皮筋的三脚架

图1–53　加了弹簧测力计的三脚架

设计与实践

1. 将3条长30 cm、横截面10 mm × 10 mm的木棍销接在一个圆盘上，组成一个三脚架（图1–51）。将三脚架放在光滑的台面上，在三脚架上加载重物，观察三脚架的几何形状发生了什么变化，并记录如下。

重物的质量				
观察到的现象				

2. 在三脚架的3条腿处拴上橡皮筋（图1–52），重复试验1的加载过程，观察橡皮筋的变化，并记录橡皮筋的长度。

思考：橡皮筋发生的变化说明了什么？

3. 用弹簧测力计替代橡皮筋（图1–53），重复试验2的加载过程，记录弹簧测力计的读数。

重物的质量			
橡皮筋长度			
弹簧测力计的读数			

思考：在三脚架结构承载时，若要保持其几何形状基本不变，你有哪些方法？

请同学们对三脚架结构进行改进，使其在承载质量不超过5 kg时，能保持其几何形状基本不变。在这里我们推荐在三脚架各边增设横档的方法进行改进。

讨论：选择横档材料应考虑哪些因素，横档怎样与三脚架连接。

设计与实践

同学们自行设计技术试验方案，对改进后的三脚架结构进行承载试验，并写出技术试验报告。

同学们也可采用其他方法改进三脚架的结构，并设计相应的技术试验方案。

试验目的

1. 检验横档材料的选择是否满足设计的要求。
2. 检测改进后的三脚架结构是否能承载5 kg的重物。
3. 检测三脚架结构中各构件的连接是否牢固。

技术试验过程

技术试验活动应以小组为单位，分工合作。对技术试验的方

案展开充分讨论，并认真进行设计。

设计技术试验的方案时，可从以下几方面考虑：

1. 加载重物的质量要满足试验目的，并保证结构有足够的强度，加载重物的方法和程序应考虑要均匀增加荷载并使其均匀分布。

◎提示

加载可用砝码、水、沙、石等。试验时应考虑如何使承载均匀分布。

2. 根据试验方案和要求，设计记录的栏目。
3. 试验评定应从三脚架的结构、构件的强度和连接的可靠性等方面进行。
4. 其他因素。

下面给出了一个技术试验报告的格式，供同学们参考，也可自行设计技术试验报告。

表1–4　技术试验报告

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

请同学们对承载试验中暴露出的不足，提出改进建议。

交流

交流和展示各组的技术试验方案和试验评定，讨论各组技术试验的优缺点，比较各组试验结果的差异并分析其原因。

总结

本节我们了解了影响结构的强度和稳定性的多个因素，并通过技术试验进行了检测。现在，请同学们对本节的学习情况进行总结，并根据总结适当调整学习策略，提高学习质量。

1. 我对这节内容的理解程度（　　）。

A. 能归纳理解　　B. 说得清楚　　C. 基本了解　　D. 不太明白

2. 这节的教学内容对我来说（　　）。

A. 太难　　B. 较难　　C. 适当　　D. 比较简单

3. 在技术试验活动中，我们的设计方案（　　）。

A. 很有创意　　B. 较有创意　　C. 一般　　D. 没有创意

4. 我认为还有其他因素影响三脚架结构的强度和稳定性：

_____

_____

_____

本节练习题

1. 为什么大厦下层的支柱和受力墙体往往要比上层的粗和厚？

2. 你的周围有“应力”吗？试举出几个例子来。

3. 我们常用的A形梯不采用铝合金片，而是采用长方形截面的铝合金构件，这说明（　　）因素影响着结构的强度。

A. 材料　　B. 形状　　C. 构件　　D. 连接方式

4. 在相同尺寸的一根竹竿和一根脆性塑料杆上不断加挂相同质量的重物时（图1–54），发现脆性塑料杆先断裂，其原因是（　　）。

A. 抗拉性较差　　B. 抗压性较差

C. 内力大之故　　D. 受扭曲力之故

5. 某些支撑阳台的梁做成如图1–55所示形状，这主要是出于对（　　）的考虑。

A. 美观　　B. 强度和美观　　C. 安装方便　　D. 稳定性和强度

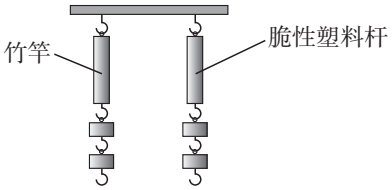


图1–54

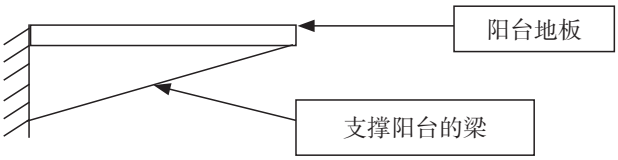


图1–55

6. 如图1–56所示，让杯子翻过来45°斜靠，即避免杯口接触到桌面，又可确保水沥干，并防止尘埃进入。请同学们分析这种充满创意的杯子的稳定性。

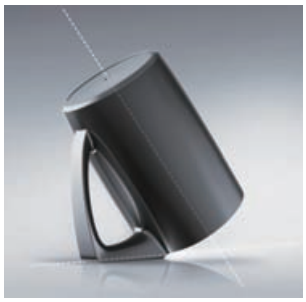


图1–56　可斜靠的杯子

第三节　结 构 设 计

在《技术与设计1》的学习中，同学们已经知道了什么是设计（图1–57），以及设计的一般过程（图1–58），掌握了设计的基本思想和方法。

图1–57　设计包含的三方面内容

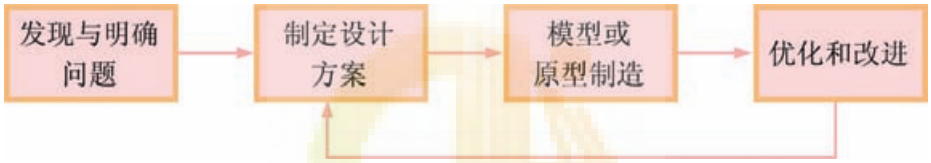


图1–58　设计的一般过程

结构设计属于设计中的一种类型，它必须遵循一般的设计方法和过程。

结构设计不但要考虑它的功能结构，还必须考虑它的受力情况、稳定性、强度、连接方式和材料的选用等；还要从实用、安全、经济、美观和人性化等角度综合考虑，以保证达到结构设计的目的和要求。对结构设计要能够进行基本的描述（图纸等）。

例

防烫锅盖扳手的发明

一次，喝完矿泉水之后，我拿着矿泉水瓶上的绿色方便夹（图1–59），发现方便夹设计得很巧妙：把卡口往瓶口上一卡，再夹在皮带上，水瓶就掉不下来了！方便夹的结构很特别，它能否用在别的地方呢？终于有一天，我发现妈妈用抹布包住锅盖上很烫的钮掀起锅盖时，不小心烫着了手。在心痛妈妈的同时，我灵机一动：能不能用矿泉水瓶的方便夹卡在锅盖钮的两侧提起锅盖呢？但仔细一想也不十分合适，方便夹是塑料做的，不耐高温；方便夹手拿着的一端竖直向上，手会被上升的蒸汽烫伤。看来需要对方便夹进行改造。

图1–59　矿泉水瓶的方便夹

用怎样的结构和什么材料合适呢？我试着用木板、铁片、竹子制作，效果都不好，制作难

度大，不易加工。考虑了许久，我设计并先用细铁丝做出几种不同的结构，经过多次的改进，最后确定为如图1–60的结构：前端（锅盖钮卡口）的卡口呈弯曲上翘的“V”形，如同张开的两只手指；后端是不锈钢把手。在试用中又对以下几方面进行了改进：①“V”形卡口的大小、弧度、深浅要根据锅钮大小进行调整；②把手的宽窄、长短要合适，用起来要顺手；③不锈钢把手传热快，经改进用塑料扁电线将把手缠绕起来。至此，发明就完成了（图1–61、图1–62）。

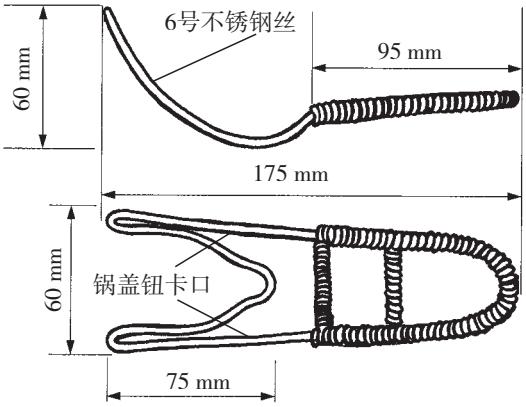


图1–60　防烫锅盖扳手结构

图1–61　用扳手卡住锅盖钮

图1–62　用扳手掀起锅盖

本设计是一位中学生的实际发明案例，曾获国家专利和全国首届中小学劳动技术创新作品邀请赛银奖，全国第十三届发明展览会铜奖。

这位同学的发明自述给了我们启示：发明设计并不神秘，只要在生活中多观察、多思考、多动手就会有灵感；要不怕困难和失败，反复修改，不断完善，经过不懈的努力才能成功。

发明创造是否有价值、是不是新东西，还要做调查。比如上网和到专利局进行专利检索，到商场看是否有相同或类似的商品，还要分析发明是否科学、实用。总之，只有经过全面周密的研究、精心的制作才能完成一件较理想的发明。对于发明创造，别忘了申请专利，只有获得专利权才能有效地保护发明。

下面以模型桥为对象进行结构设计，要求形成设计方案，绘制简单的设计图纸，做出模型。通过具体的结构设计，进一步理解本章前面所学的内容。设计和制作以小组为单位，分工合作，并写出设计和制作报告。

例

模型桥的结构设计

（一）明确设计目标及要求

◆ 设计目标及要求

用木条制作桥梁模型，结构形式不受限制。要求结构设计合理，造型美观。

在跨度不小于30 cm的前提下，桥长不限；要求桥孔高度不低于15 cm，桥面宽度不小于8 cm，承重物的质量不小于500 g，承重时间15 s以上。

在满足目标及要求的前提下，荷载的质量与桥自身质量的比例越大越好。

◆ 材料与连接方式

模型材料以木条为主，粗绳、细绳为辅，连接方式不限。

（二）形成初步设计方案

◆ 收集和整理信息

在进行模型桥的设计之前，应对有关桥梁信息进行整理和分析。在本章第一节中我们已经对桥梁进行了调查，收集了一些桥梁的资料，请同学们分析这些桥梁是什么结构类型。

◆ 发现问题

从图1–9中可以发现桥受到压力时，桥面会弯曲变形，如果把这些力传递到其他地方，就可以避免桥面不过分弯曲变形。

◆ 桥梁结构类型的选择

了解以下各种桥梁结构（图1–63至图1–68）的特点，并进行简单的受力分析。

不同类型的桥，具有不同的结构。但是总的设计目的都是一样的——防止桥过度弯曲。

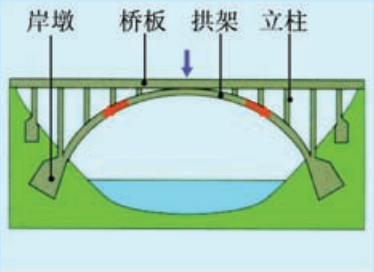


图1–63　拱架桥

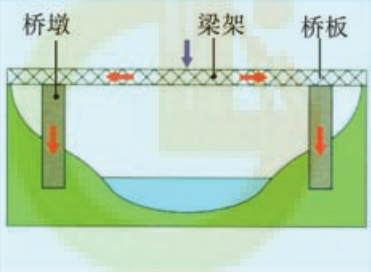


图1–64　梁架桥

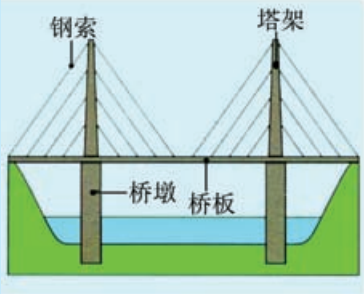


图1–65　钢索斜拉桥

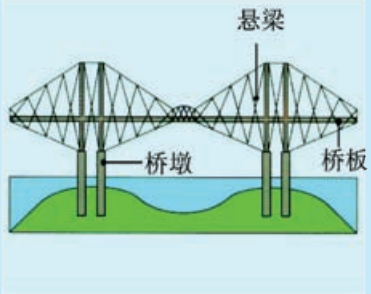


图1–66　悬梁桥

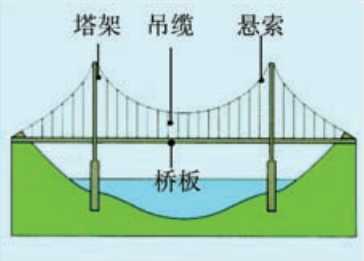


图1–67　悬索桥

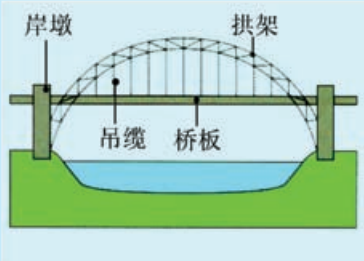


图1–68　弓形拱桥

◎桥梁结构类型

桁架桥：桁架框承载桥板的荷载。

钢索斜拉桥：桥上的钢索直接承载桥板的荷载，并将这一荷载传导至塔架和桥墩。

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

◎草图

用工程草图和模型表达思想是工程设计中的重要组成部分。

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

◎模型

模型一般是指三维实物的复制品，它可以用来检验设计思路，对设计进行修改，有助于更多地了解与模型类似的实物将会遇到什么情况。因此模型在设计过程中被广泛采用。

讨论与分析

同学们分组采用头脑风暴法进行讨论：

1. 桥梁为什么会做成以上的各种结构形式。
2. 形成你的设计方案，说说你的方案设计的理由。
3. 怎样使你的桥梁模型既轻又承载大。

综合小组成员的意见，形成本小组的设计方案。

◆ 绘制草图

运用《技术与设计1》中学过的知识，将你们小组的桥梁结构设计绘制成图纸。

桥的图纸包括：模型草图、主视图、侧视图、俯视图、构件图、组装图。

（三）模型制作

模型桥（图1–69）制作提示：①挑选木条，将木条按构件图尺寸要求进行锯割、打磨和切削；②制作桥的各部分构件；③将构件合成桥身。

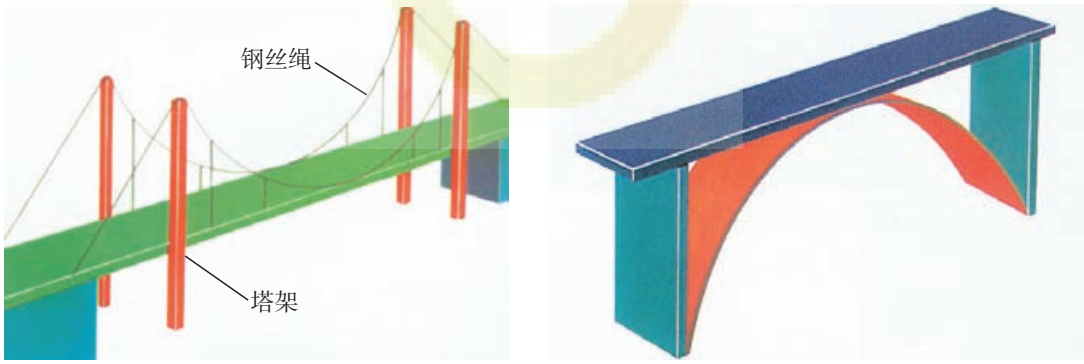


图1–69　模型桥示例

（四）检测、优化和改进设计

◆ 试验检测

同学们在前面已进行过“技术试验”，对模型桥的试验检测也采用承载试验。请同学们自行设计检测模型桥试验方案和评定标准，以便按同一标准对模型桥进行评定。

◆ 优化和改进设计

基于检测和评价的结果，同学们应对设计方案进行改进。解决的策略包括：针对检测出现的问题提出改进，尝试一些新的创意，优化和完善结构设计，并对外观设计进行改进。

（五）评价

1. 将每组设计和制作的模型桥放在一起，参考表1–5，对各组模型桥进行评价。可按优、良、中、差4个等级来评分，分别用4、3、2、1分来表示（表格中的栏目可自行增减）。

◎提示

桥梁设计优化主要考虑减少桥面的弯曲变形程度和尽量减轻桥自身的质量。

表1–5　各组模型桥评价

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

2. 收集全班同学的评价表，相加统计得出各个模型桥的总分，排出名次（表1–6）。

表1–6　模型桥制作评比

模型桥	模型桥1	模型桥2	模型桥3	模型桥4	……
总分					
排列名次					

3. 比较各个模型桥的评价，列出它们各自的优点和不足（表1–7）。

表1–7　各组模型桥优缺点评价

模型桥	优点	缺点（不足）
模型桥1		
模型桥2		
模型桥3		
模型桥4		

设计与实践

请同学们将本章前几节所学的内容融会贯通完成下面的制作，并通过反复试验和改进，使制作达到设计要求。本设计和制作可安排在课外完成。

设计及制作目标

设计一个悬挂重物的结构，并制作一个纸质模型，要达到以下要求：

（1）悬挂重物的质量：至少能悬挂100 g以上的砝码，悬挂重物的质量越大越好。

（2）悬挂物高度：悬挂物的底面距离支承面越远越好。

（3）用材量：纸质模型所使用的材料越轻越好。

（4）悬挂物停留时间：至少停留15 s，停留时间越长越好。

● 制作材料

废报纸、砝码、剪刀、直尺、双面胶等。

● 设计思路

观察公园里的秋千，制作一个有支架和一个水平横轴的结构。什么样的结构才能使支架坚固、稳定、承载力强，水平横轴不易弯折？怎样才能使柔软的纸变硬呢？

用纸设计制作一个悬挂结构，可从以下4个方面考虑：

（1）与结构重心的位置有关，重心越高，稳定性越差；反之，稳定性越好。

（2）与结构支撑面有关，底部支撑面越大，其结构就越稳定。设计时一般选择下大上小的结构，这种结构整体的重心低，结构稳定。

（3）与支架跨度有关，纸质水平横轴上的两支撑点距离越远，能承受的压力也越小。

（4）与纸质水平横轴的制作方法和形式有关，纸壁越厚其牢固性越强，承受力也越大。

许多看似很难完成的事情，只要肯动脑筋，善于动手，从多角度思考，并勇于实践，经过自己不懈的努力，就会出色地完成任务。

知识窗

仿生结构设计

在结构设计时人们从生物奇特的结构中得到不少启发。达·芬奇被认为是现代仿生学之父。在大约公元1500年，他完成鸟翅模型之后，又画了一系列的飞行设备草图（当时条件还无法实现）。大约400年之后，奥托成功了，他根据鹳的翅膀制造的滑翔机成功地飞行了250米（图1–70），而且他也取得了“滑翔机之父”的称号。

鹳

滑翔机

图1–70　鹳与滑翔机

公元前500年中国人制成了竹蜻蜓，两千多年来竹蜻蜓一直是中国孩子手中的玩具。在18世纪竹蜻蜓传到欧洲，启发了人们的思路，被誉为“航空之父”的英国人乔治·凯利一辈子都对竹蜻蜓着迷。他的第一项航空研究就是在1796年仿制和改造了竹蜻蜓，并由此悟出螺旋桨的一些工作原理。他的研究推动了飞机的研制进程，并为西方的设计师带来了研制直升机的灵感（图1–71）。

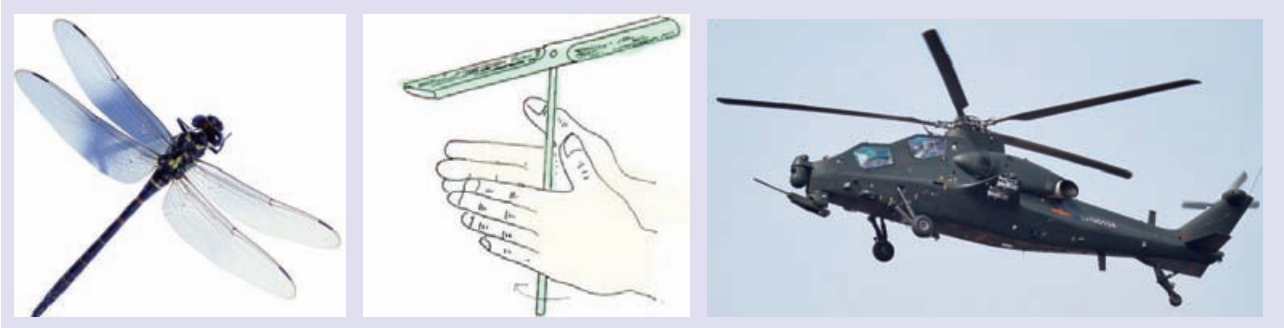


图1–71　竹蜻蜓与直升机

第四节　典型结构的欣赏

在本章前3节的学习中我们了解和探究了结构，知道结构存在于我们身边。从卓越的“建筑大师”——蜜蜂“筑”起的精巧蜂巢，到人类创造的形态各异的结构，各种结构都展示了人类的智慧和创新能力，也给我们带来了美的享受。结构主要从两个角度去欣赏，一是从技术的角度，二是从历史、思想文化的角度去进行欣赏。让我们用眼去发现结构的美，用心去感受结构的文化内涵。让美的结构与我们同行。

一、自然界结构的欣赏

大自然是最高明的结构工程师。

野柳地质公园位于台湾万里乡，为台湾最负盛名的地质公园。野柳是突出海面的岬角（大屯山系），长约1 700 m，由于海蚀风化及地壳运动等作用，造就了海蚀洞沟、蜂窝石、菠萝石、烛状石、豆腐石、蕈状岩、壶穴、溶蚀盘等绵延罗列的奇特景观。

图1–72是台湾野柳地质公园的两个典型结构图。其中图（a）叫女王头石——石像颈子修长，脸部线条优美，神态像极昂首静坐的雍容尊贵的女王，女王头石早已成为野柳地质公园的象征；图（b）所示的石像是菠萝包石群中的两个菠萝包石。

图1–73所示是4个自然界中的植物和动物结构外形图。 树木一般都是向天空伸展，但每棵树在阳光、风雨和重力等各种因素影响下都有独特外形结构，给人一种美的享受。海螺壳边缘轮廓略呈四方形，大

而坚厚，壳高达10 cm，螺层6级。蜘蛛是编织能手，它们能织出各式各样的网，有网巢、陷阱、育儿袋，甚至还能织出线路图来，特别神奇。

（a）女王头石

（b）菠萝包石

图1–72　台湾野柳地质公园的女王头石和菠萝包石

（a）奇特的树木

（b）海螺壳

（c）蜘蛛网

（d）树根桥

图1–73　自然界中的一些结构

树根桥：在印度东北部的乞拉朋齐，当地人不建桥，而是像种庄稼一样在“种桥”，让附近树木慢慢长成天然之桥。整个过程会持续多年，这种方法造出的桥堪称“天作之合”，而且非常结实，看上去就像是来自某个奇幻世界的神奇之物。

二、桥梁结构的欣赏

南京长江大桥是长江上第一座由中国自行设计和建造的双层式铁路、公路两用桥梁，上层为公路桥，长4 589 m，车行道宽15 m；下层为宽14 m、全长6 772 m的双轨复线铁路桥。

在中国桥梁史上具有重要意义，创造了中国桥梁建设史上的许多新纪录，具有极大的经济意义、政治意义和战略意义，是20世纪60年代中国经济建设的重要成就之一，是中国桥梁建设的重要里程碑。

图1–74　南京长江大桥

图1–75　苏通大桥

苏通大桥：苏通大桥克服了长江天险带来的气象条件差、水文条件复杂、基岩埋藏深、通航密度高等4项建设条件挑战，创造了1 088 m斜拉桥最大跨径、300.4 m最高索塔、577 m最长斜拉索和131根长117 m、外径2.8 m、内径2.5 m最大群桩基础等4项世界第一，是人类建设斜拉桥的跨越能力首次突破了1 000 m大关。

三、建筑结构的欣赏

（一）建筑结构与文化

建筑物也具有结构。让我们从人类修建的各种建筑中采撷几颗璀璨的明珠，从文化的角度欣赏这些凝聚着人类智慧的建筑结构。

图1–76　客家土楼

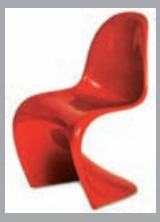
客家人原居住在中原地区，后迁居到粤、闽、赣山区，他们具有强烈的家族观念和安全意识，客家土楼就充分反映了客家人这一特征。客家土楼大多采用了圆形的几何形状，厚实的夯土外墙和木结构为主的内部建构（图1–76）。土楼对外不开窗，仅在2楼以上布置一些用于防卫的枪眼，它表现出客家人对家族和谐完整的追求，以及抵御外来势力的强烈意识。

围龙屋又称客家围屋（图1–77），是著名的特色民居建筑，多分布在客家人集中居住地广东省梅州市。客家围屋始见于唐宋，兴盛于明清，是我国最有乡土风情的五大传统民居建筑之一。客家围屋由两个半圆组成，后半圆是主体建筑，中间的大门是正门，两边是侧门，正门后面是大厅、天井、安放祖宗牌位的祖堂；两侧对称安排厢房；祖堂后是扇形的小花园；其后是沿弧线建设的小房间；主体建筑内还各有10个左右的厅和天井，低于地面的天井底部平坦，主要用于收集和排泄雨水，还可养龟，天井上方直通天空，通风透光；前半圆正门前面有长方形晒谷坪和小半圆形养鱼的池塘，外墙用砖砌成一道半圆形的护墙，有利于安全和防御。从整体上看，客家围屋构成一个围起来的圆。客家围屋将建筑融入环境，追求实用、整体统一和对称平衡，充分体现了客家人的高超建筑艺术和美感，不仅被建筑学家誉为民俗建筑史上的奇迹，而且其深厚的文化内涵，更使历史学家、艺术家及众多的游客为之陶醉。

图1–77　客家围屋

图1–78　开平碉楼

广东省江门市开平碉楼（图1–78）是中国乡土建筑的一个特殊类型，是集防卫、居住和中西建筑艺术于一体的多层塔楼式建筑，其特色是中西合璧的民居，有古希腊、古罗马及伊斯兰等风格多样。2007年6月28日，开平碉楼与古村落成为我国第35处世界遗产。



20世纪初，西方国家经历了工业革命和新艺术运动之后，出现了一种摈弃烦琐、追求简洁、强调机械及技术美的倾向。位于法国巴黎的萨伏伊别墅是这一个时代建筑的代表（图1–79）。别墅建造于1928年，它用钢筋混凝土组成建筑的骨架，内外墙体布置灵活，突出了工业化结构技术的魅力，打破了传统建筑以墙承重而形成的封闭的建筑形式，按照不同的功能要求，自由地布置各类建筑空间。

图1–79　萨伏伊别墅

地域有别，民族差异，历史、宗教、思想、文化的背景不同等，直接影响到建筑结构和其他结构的创作思维。这些因素反映在结构上，就形成了各具特色的结构形式（图1–80），同时也使各种结构具有更为丰富的文化内涵。

（二）建筑结构与技术

建筑之美，依技术而成。猿人寻穴而居，攀枝筑巢。古代石砌木构，现代的摩天大楼，均显现出对技术的依赖。

同时，每次工程技术进步均推动了建筑的革命。古罗马人的火山灰水泥，使得建造巨大的斗兽场成为可能；飞券结构，让古哥特建筑高耸向上；中国木结构建筑的榫卯技术，构建了上海世博会上宏伟而又具有东方神韵的中国馆；颇具特色的“回音壁”建筑和“自动抽风”的塔楼建筑，显示了中国建筑师的聪明才智和高超的建筑技术。钢和玻璃的应用，产生了钢骨架的现代建筑，北京的“鸟巢”和“水立方”结构，成为北京标志性的建筑……

同样，交通工具、家庭生活用品等各种物体结构，也体现了科学技术的日益发展和进步；电脑体积越来越小；家用电器的结构越来越安全、耐用、美观；太阳能应用的组件，正不断植入各种结构之中……

经过上面的学习，再登录网站收集相关的资料，从技术发展的角度写一篇欣赏各种建筑结构的短文。

图1–80　各式各样的结构

小资料

贝聿铭（Ieoh Ming Pei）

图1–81　贝聿铭

贝聿铭（图1–81），华裔美籍建筑师，1917年生于中国广州。1940年在美国麻省理工学院获建筑学学士学位，1946年获哈佛大学建筑学硕士学位。

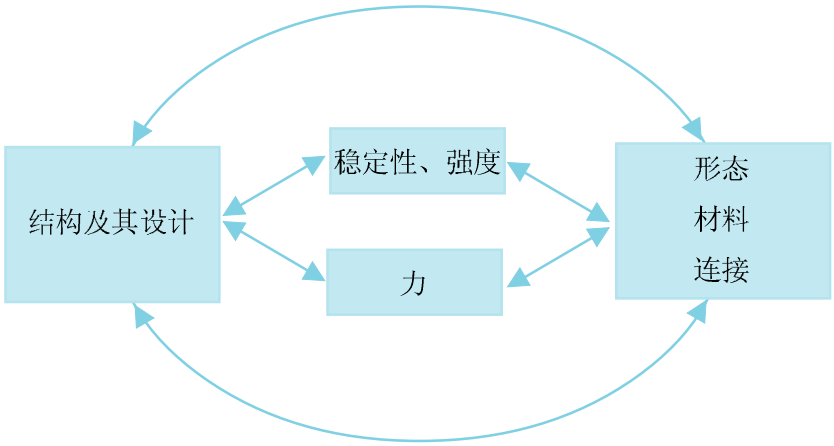
贝聿铭在国内外设计了40多个建筑项目，其中20项曾获奖，较为著名的代表作有：美国国家美术馆东馆、肯尼迪图书馆、巴黎罗浮宫博物馆扩建工程、香港中银大厦、北京香山饭店、苏州博物馆和中国驻美大使馆。

贝聿铭获奖颇丰，曾获美国建筑师协会金奖、法国建筑金奖和代表建筑界最高荣誉的普里茨克建筑艺术奖等多种奖项。

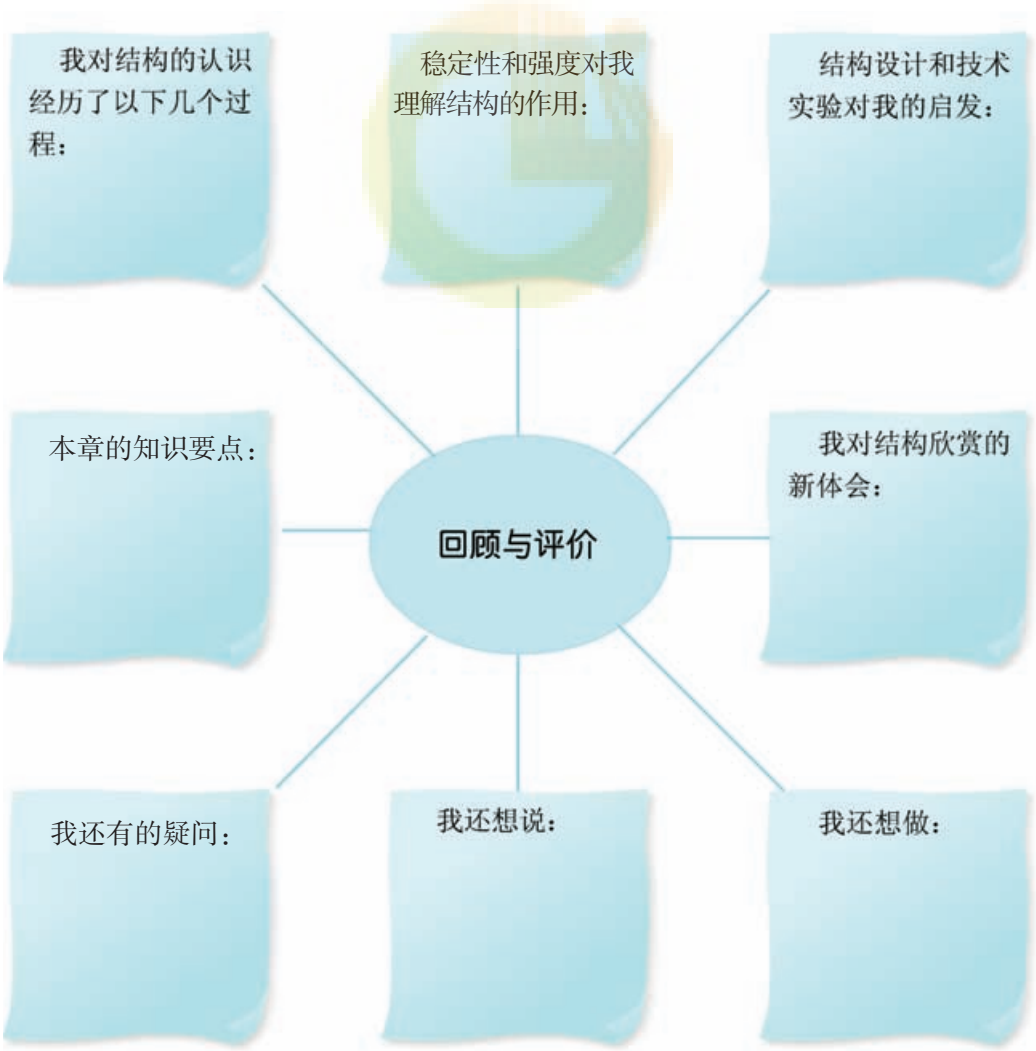
贝聿铭被公认为现代最有影响的建筑师。他精益求精，对形势空间、建材与技术不断进行研究，建筑融合自然的空间理念主导着这位著名建筑师的作品，“让光线来做设计”是他的名言。设计简洁、合理、有序是贝聿铭作品创作的写照，也是其作品的精髓所在。

本 章 小 结

一、知识结构



二、回顾与评价



综合学习活动与练习题

1. 欣赏图1–82中的组合结构，并分析它们是由什么基本结构组成的。

（a）

（b）

图1–82　组合结构

2. 质量合格的头盔能够有效地保护人的头部，请同学们观察图1–83中的头盔，讨论分析：

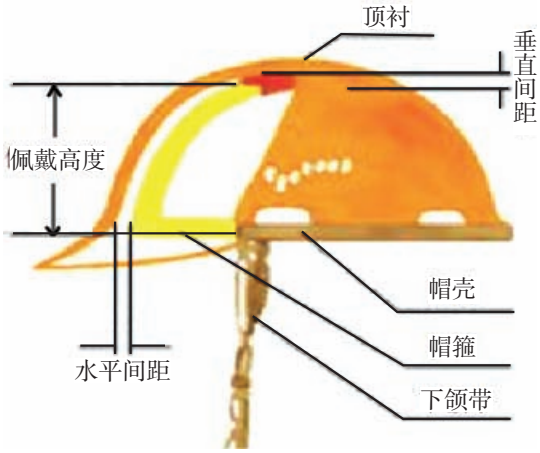
（1）头盔是一种什么样的结构？

（2）当受到撞击后，头盔的受力有什么特点？它是怎样起到保护头部的作用的？从头盔侧面撞击时，头盔能起到保护脑袋的作用吗？为什么？

（3）如果头盔内不用帽箍（图1–84），而是改垫一块海绵块，该头盔能起到保护脑袋的作用吗？为什么？

（4）每个人的头型和头的大小都不同，买头盔时要怎样挑选合适的头盔？

（a）外形



（b）结构

图1–83　头盔及其结构

（a）布带做的帽箍　　（b）塑料带做的帽箍

图1-84　头盔的帽箍

3. 如图1-85中起重机吊钩的上端用螺母固定。试分析起重机在起吊重物时，吊钩是如何抵抗重物的拉力的。

若起吊的重物对吊钩的拉力为170 kN，吊钩螺栓部分内径d =55 mm，材料许用应力σ =80 MPa。试校核螺栓部分的强度。

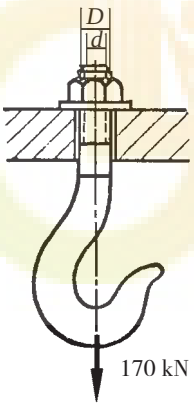


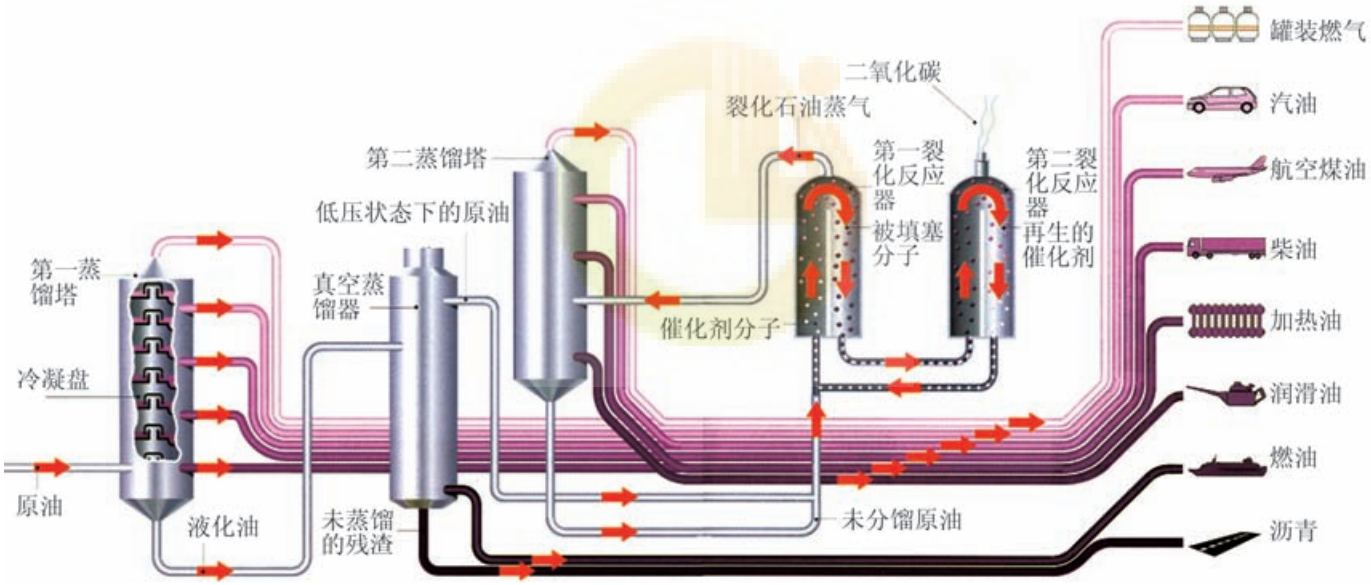
图1-85　起重机吊钩

4. 以小组为单位，设计一把椅子（有条件的学校可以用计算机辅助设计的方法进行设计）。力求造型新颖、美观，结构简洁，舒适性好，经济实用。全班一起对各小组的设计进行交流和评价。

5. 谈一谈材料的发展与技术的进步对结构设计的影响，并举出几个例子进行分析说明。

第二章　流程与设计

我们每天的生活离不开流程，任何产品的设计、生产、销售都需要流程，我们所从事的各种有目的的活动都存在流程。流程可以引导我们完成未曾做过的事情，帮助我们进行更加合理的分工，有利于我们相互间的交流。社会的发展、技术的进步和生活需求的提高都需要不断地对流程进行改进。通过改进流程提高工作效率和生产效益，使我们的生活环境更加美好。



学习目标

- 了解流程的含义及其应用
- 理解流程中环节和时序的意义
- 学会绘制和阅读简单的流程图
- 能对简单对象进行流程设计
- 能对简单对象进行流程设计的改进

第一节　了 解 流 程

一、流程

流程（process）与我们的日常生活紧密相随。每天我们穿衣、吃饭和回家开门的时候，都会自觉或不自觉地按照一定的流程进行。例如，回家开门的流程一般为：取钥匙→插入锁孔→旋转→开门。

在各行各业的生产活动中，针对各种不同的生产过程和工艺要求等，往往会有相应的流程。例如，我们在生活和生产中使用的各种石油燃料和石油化工原料制品，都是由石油提炼、加工而成的，本章题图所示的炼油流程是工业生产中典型的流程之一。

同样，在我们以往的学习中也遇到过许多流程。

例

氢气还原氧化铜实验流程

在初中，我们做过如图2–1所示的氢气还原氧化铜的化学实验。它的实验过程为：在干燥的硬质试管底部铺一层黑色的氧化铜，管口微向下倾斜。通入氢气，过一会儿，再给氧化铜加热，观察黑色的氧化铜有什么变化和管口有什么物质生成。反应完成后停止加热，继续通入氢气，直到试管冷却，再停止通入氢气。

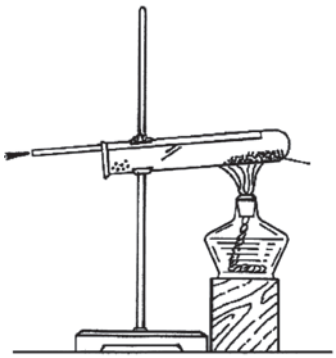


图2–1　氢气还原氧化铜的实验

总结实验过程，可得氢气还原氧化铜的实验流程为：

在试管底部装入氧化铜→将试管安放到铁架台上→放好酒精灯并调好适当高度→通入氢气→点火加热→观察结果→停止加热→停止通入氢气

流程是一系列连续有规律的活动，这些活动以确定的方式发生或执行，导致特定结果的实现。

知识的运用

试举出一个或多个物理或化学实验流程的例子。

二、工作流程和工艺流程

（一）工作流程

在日常生活与学习中，我们有时需要去邮寄包裹，到图书馆借书或到实验室做实验等。为了完成这些事情，人们必须按照相应的流程进行。这些流程属于工作流程（work process）。下面我们以邮寄包裹为例，分析什么是工作流程。

例

邮寄包裹流程

李爱华同学上学时，爸爸让他下午放学后，顺便到学校附近的邮局邮寄包裹。下午放学后，李爱华来到邮局。他是第一次邮寄包裹，不知道该如何办理手续。询问处的工作人员热情地告诉他，首先到包裹包装处领取包裹单并购买一个合适的标准包装箱，再将包裹包装封好，然后填写邮寄包裹单，到包裹收寄处交寄包裹，由工作人员核准邮资后交费，最后注意收好回执备查就行了。遵照指引，李爱华同学顺利地完成邮寄包裹的工作。

总结邮寄包裹的过程，我们可得到与其相应的流程为：

领取包裹单→购买标准包装箱→包装密封→填写包裹单→交寄→交费→收好回执

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

讨论与分析

1. 当我们需要做一件从来没有做过的事情时，工作流程对完成这件事有什么帮助？
2. 工作流程在采用多人分工合作的方法来完成某项事情或任务中所起的作用是什么？

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

比如，当我们组织一次联欢会时，需要经过策划、购置或制作物品、布置场地、安排节目顺序、开联欢会和善后等工作的过程，这些工作往往需要采用多人分工的方法合作完成。它既可以培养人们的团队精神，又能够提高办事效率，工作流程有利于分工合作。

随着技术的发展，许多家务劳动和生产劳动都被自动化电器产品或机械化设备所代替，如洗衣机、洗碗机、播种机和联合收割机等。这些产品或设备的工作流程往往与人工的劳作流程相同或相似。在它们的发明和设计中往往都需要对已有的手工劳作流程进行分析和总结。

知识的运用

1. 结合洗衣机或同学们熟悉的某种农业机械，比较它与手工作业流程的异同。例如，图2–2的联合收割机的工作流程。

2. 请结合自己了解的情况，列举一些管理或业务工作流程的例子，并分析与如前所述的各种工作流程的异同。

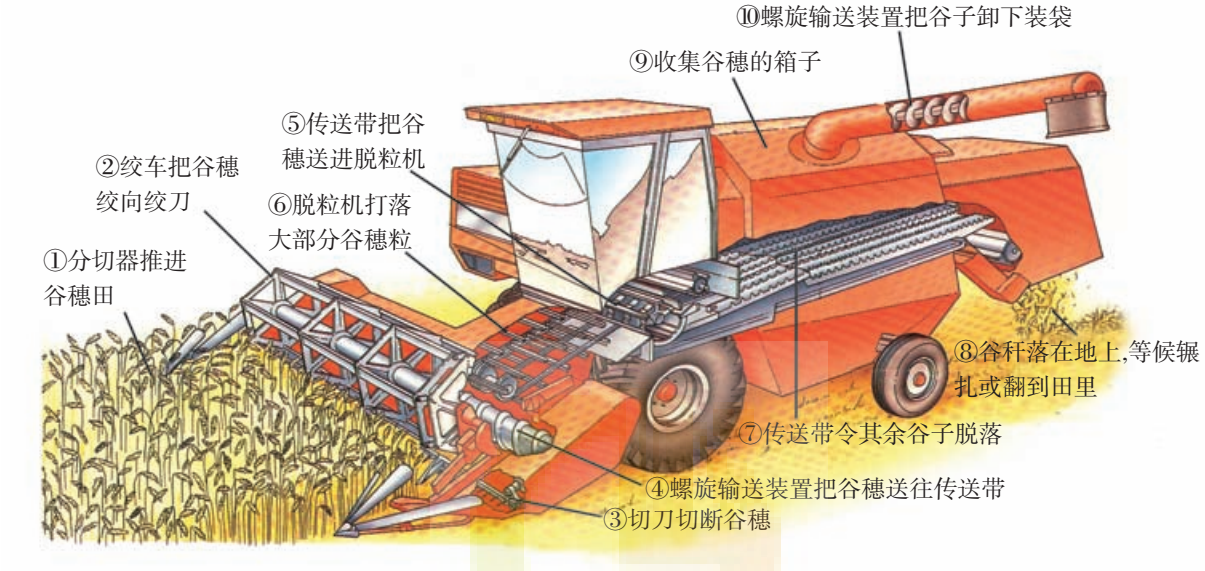


图2–2　联合收割机的工作流程

（二）工艺流程

在原始社会，人们为了生存，需要制造各种简单的工具，如石斧等；而到了封建社会，随着生产力水平的提高，人们制造了更多的生产工具，生产了各种精美的物品，从而保证了基本的生活与生产需求，同时也满足了更高的物质和精神追求；在工业革命时期，人们生产、制造了大量的物质产品。这些产品的生产和制造都有相应的流程。随着对这些流程的不断总结、发展，人们还创造了许多至今仍对我们生活、生产有巨大影响的工艺流程（technological process）。蔡伦的造纸工艺流程就是其中一例。

例

蔡伦造纸流程

造纸术是我国古代“四大发明”之一，我国西汉时期已发明了造纸术。西汉时期，人们选择以麻为主要原料制成植物纤维麻纸。因为那时人们早已掌握了麻的处理工艺技术，能使生硬的麻皮变为纤维，并将其用于纺织。麻纺织前期的重要工艺“沤麻”，被借鉴用于造纸技术。斧和碓可作为切断长纤维的刀具和打烂纸浆的工具。这些相关的工艺和工具都为汉代造纸术的发明提供了物质条件和技术条件。汉代造麻纸工艺流程如图2–3所示。

图2-3　汉代造麻纸工艺流程

东汉宦官蔡伦在总结了西汉以来的造纸经验的基础上，进行大胆的试验和革新，扩大造纸原料来源，改进造纸工艺流程，为人类文明作出了巨大的贡献。蔡伦是如何造出纸的呢？首先他收集一些破布、旧渔网、麻头和树皮等做为原料，用水浸透，润胀；再用斧头将其剁碎，用水洗净，浸入草木灰水中，加热蒸煮，除去原料中的木素、果胶、色素和油脂等杂质后，再用清水漂洗，入臼捣碎，放到水里形成悬浮的浆液，这就是“纸浆”；然后用多孔而致密的纸模（当时是用编织细密的帘子）捞取纸浆，滤水后，留下一层薄薄的纸料，取下放到阴凉干燥处晾干，就成了纸。

总结蔡伦的造纸过程，我们可得到与其相应的流程为：

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

蔡伦采用破布、旧渔网、麻头和树皮等做原料，经过一系列工艺环节和相应的顺序处理，最后造出纸。蔡伦造纸的流程属于工艺流程。

讨论与分析

1. 从西汉时期发明造纸术到蔡伦造纸，在不断改进造纸流程过程中，我们能得到什么启发？
2. 结合蔡伦造纸的工艺流程，同学们能否总结出什么是工艺流程？
3. 工作流程与工艺流程有何相同点和不同点？

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

设计与实践

活动

将一支圆珠笔拆成零件，然后再装配还原。

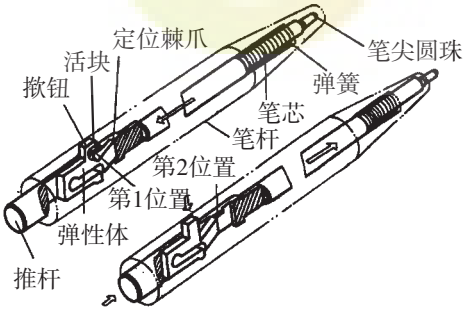


图2−4　某种圆珠笔结构

目的

通过圆珠笔的装配过程，了解装配工艺流程。

观察

1. 圆珠笔的零部件有哪些？
2. 装配还原过程是什么？

讨论与分析

1. 结合装配圆珠笔的过程，讨论装配工艺流程与蔡伦造纸的工艺流程有哪些相同点和不同点。

2. 结合已有的知识，谈一下某产品的制造工艺流程。

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

任何一种产品的生产都需要经过从设计到制造的过程，《技术与设计1》中的六面广告宣传灯就是一例。在这个过程中往往既包括工作流程又含有工艺流程。这里我们通过印刷电路板的设计与制造进一步了解流程。

例

印刷电路板的设计、制造流程

你是否见过计算机主板（图2–5）或显示卡、声卡等电路板卡，它们都是由一块印刷电路板（printed circuit board，PCB，图2–6）和相关的电子元器件组成。

印刷电路板具有固定电子元器件和提供电路连接的功能，几乎所有的电子产品都离不开印刷电路板。下面我们来看一看它们的设计和制作流程。

在印刷电路板图的设计中，电子工程师根据某电子产品的功能和技术要求，设计电路和画出电路原理图，经过对电路进行检查，并作一些必要的验证后，再根据原理图进行PCB图的设计，最后经校验无误后，就获得设计好的PCB图，其设计流程属于工作流程。图2–7为印刷电路板设计组图。

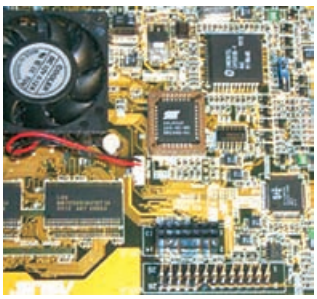


图2–5　计算机主板

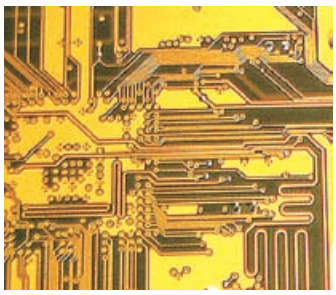
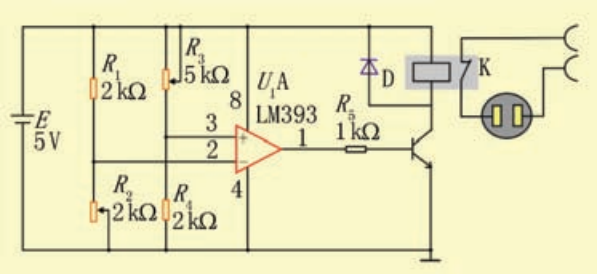
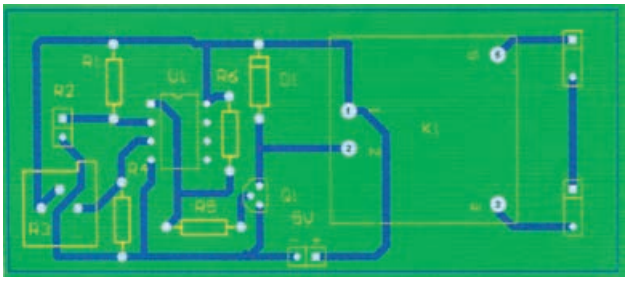


图2–6　印刷电路板

设计电路并绘制原理图→验证→设计PCB图→校验→出图



原理图

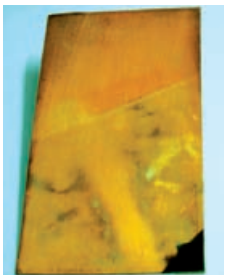


PCB图

图2–7　印刷电路板设计组图

一般印刷电路板是在现成的覆铜板（一种以玻璃环氧树脂为基材，表面上覆盖着一层薄铜板）上进行制作生产。首先将设计好的印刷电路板图纸和覆铜板进行预处理，然后将印刷电路板图转印在覆铜板上，印有印刷电路板图的覆铜板经过蚀刻（化学处理方法），将不需要的铜箔腐蚀掉，再经过清洗，线路就在板上凸现出来，然后进行后处理工序（加金属涂覆层、加阻焊层、加印符号等），最后经质量检测后出厂，该流程为工艺流程。其流程如下所示，图2–8为印刷电路板制作组图。

PCB图纸
覆铜板 →预处理→转印→蚀刻→后处理→质量检查→出成品


覆铜板

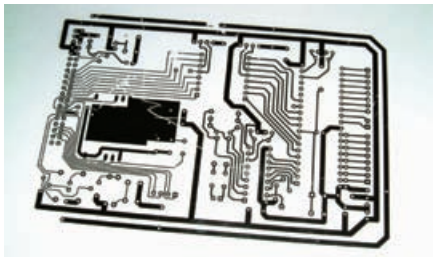

胶片板

图2–8　印刷电路板制作组图

参观与调查

调查任务

同学们可自主选择参加下列活动中的任何一项，也可自定活动项目，以分组合作的方式，对我们身边的工作流程或工艺流程进行调查、分析、讨论，最后，每个小组写出一份调查报告。

- 活动1

某种产品（家用电器、农机具、电子产品、家具）的生产工艺流程，最少两种以上。

- 活动2

到商场、银行、医院了解销售、存取款或看病的工作流程，最少两种以上。

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

◎任务提示
- 收集资料
- 调查记录
- 整理资料
- 展示成果
- 调查报告

组织与分工

每3～5位同学为一组，自由组合，选出组长。选定活动项目，确定工作任务，并在组

内进行分工（表2–1）。

表2–1　小组活动项目及分工

活动项目	
组员姓名	小组分工
主要的活动内容、方法及进度安排等	

说明：各小组要根据情况对任务进行具体的分析，并依据小组各成员的特长做出适当的分工；此外要对所开展的活动内容进行细化，并提出可行的解决方法，在时间和人员方面做出具体安排等。

调查过程

调查可采用实地考察、上网查询或其他方法，并做好记录。这里我们以工艺流程调查表为例，同学们可参照表2–2自行设计调查记录表。

表2–2　工艺流程调查记录

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

展示与交流

用合适的技术方式总结调查结果，并写出调查报告，在班内展示。

通过成果展示，请同学们就下列问题进行讨论和交流：

1. 流程对完成一项任务、事情，以及生产、制造某种产品的意义。
2. 流程中的工作、活动、工艺或加工环节，以及它们的先后顺序的作用及影响。
3. 分别归纳工作流程、工艺流程各自有哪些共同点，它们之间有哪些不同点。
4. 流程改进的原因及意义。

总结

对本次调查活动进行总结，并进行小组、班内评价。

本节练习题

1. 根据题意，完成下列各小题填空。

（1）_____是一系列连续有规律的活动，这些活动以确定的方式发生或执行，导致特定结果的实现。

（2）依据不同的标准对流程进行分类，若按流程存在的范围来划分，可分为_____和工艺流程。

（3）按照课本对流程的分类，升国旗、在超市购买学习用品、在医院体检是_____流程；组装电脑、安装热水器、炒菜是_____流程。

2. 在下列各小题中选择正确的选项。

（1）某校学生请病假的流程如下：

提交请假条 → 校医批准 → 班主任批准 → 年级主任批准 → 通知家长来校接孩子离校

按照课本对流程的分类，上述流程属于（　　）。

A. 工艺流程　　B. 工作流程　　C. 活动流程　　D. 制造流程

（2）下列选项中，不是流程的是（　　）。

采购预算表（2015年）

填报单位（盖章）：

序号	采购项目名称	采购预算			采购资金来源	
		单价	数量	合计	预算内	预算外
1	办公用纸	300元/箱	200箱	60 000元	✓	
2	油印室用纸	250元/箱	500箱	125 000元	✓	
3	办公自动化设备耗材		1项	200 000元	✓	

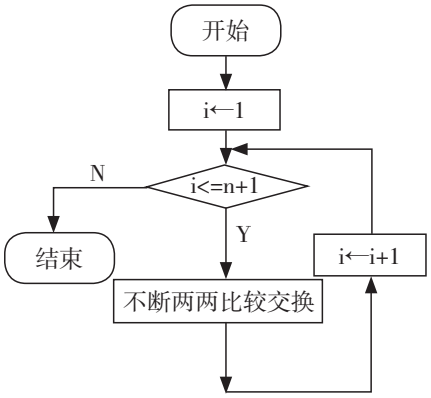
A

课程表1

星期	节次						
	上午				下午		
	1	2	3	4	5	6	7
星期一	政	英	数	物	体	美	自
星期二	语	数	化	英	物	生	体

B

计算机程序



C

节目预告

00:54 星光大道
02:37 开讲啦
03:22 动物世界
03:54 天天饮食
04:09 今日说法
04:59 新闻联播
05:29 人与自然
06:00 朝闻天下

D

3. 对下列各小题的说法是否正确作出判断。正确的在括号中打“√”，错误的在括号中打“×”。

（1）流程就是做事的顺序，科学合理的流程是高效率、高质量完成工作的保证。（　）

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

（3）设计师设计房子是工艺流程，建筑工人建造房子是工作流程。（　）

第二节　流程的组成与描述

一、流程的基本组成

在前面我们已经探讨的几个流程例子中，无论是工作流程还是工艺流程，其目的都是为了实现特定的结果或产品，它反映了完成一项任务、一件事情以及生产、制造某种产品的全过程。同时还告诉我们，流程是由一系列环节（工作、活动、工艺环节或加工环节）所组成的，这些环节相互之间有时序（先后顺序），有一定的内在逻辑关系。事实上，也正是这种先后的逻辑关系构成了流程的本身。

（一）流程的基本组成分析

任何流程都包含具体的环节（link）和时序（time sequence）关系。下面我们仍通过分析氢气还原氧化铜的实验流程来理解流程中的环节与时序。在氢气还原氧化铜实验流程中，在试管底部装入氧化铜、将试管安放到铁架台上、放好酒精灯并调好适当高度、通入氢气、点火加热、观察结果、停止加热和停止通入氢气，这些实验步骤就是该流程的环

节。它们是根据化学反应和实验要求所决定，每一个环节都有相应的具体内容。例如，准备环节是将化学实验仪器组装成实验装置，在干燥的硬质试管底部铺一层黑色的氧化铜，并注意试管管口微向下倾斜等。这些环节都对实验的完成产生直接的影响，缺少其中任何一个环节，实验都将无法完成。

然而，我们在做实验中常常会发生这样的情况，所有的实验环节都做了，却得不到预期的结果。原因是，我们在实验过程中没有按照实验要求的顺序去完成。由此可见，在氢气还原氧化铜实验流程中，用箭头表示的各实验环节之间的先后顺序关系是保证实验成功的另一个重要因素，这就是流程的时序。

讨论与分析

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

知识的运用

试分析你曾做过的实验流程中，是否有某些流程，若改变其时序，会影响实验结果或造成安全隐患。

（二）工作流程的基本组成分析

工作流程反映了完成一项任务、一件事情的全过程。那么，工作流程中的环节与时序有什么作用呢？我们仍用邮寄包裹工作流程的例子来分析。

从邮寄包裹工作流程中我们知道领取包裹单、购买标准包装箱、包装密封、填写包裹单、交寄、交费、收好回执7个工作环节是一系列必须做的具体工作内容，而时序是做这些具体工作内容时所需要遵循的顺序。该流程的环节和时序是完成邮寄包裹这件事所必需的。

讨论与分析

1. 根据对邮寄包裹工作流程的分析，谈谈工作流程的环节是什么。
2. 根据对邮寄包裹工作流程的分析，谈谈工作流程的时序是什么。
3. 邮寄包裹工作流程的时序是唯一的吗？为什么？

（三）工艺流程的基本组成分析

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

设计与实践

活动

大家一起动手造纸。

目的

通过自己造纸的过程，理解工艺流程的环节和时序。

过程

造纸原料、工具、方法和过程如图2–9所示。

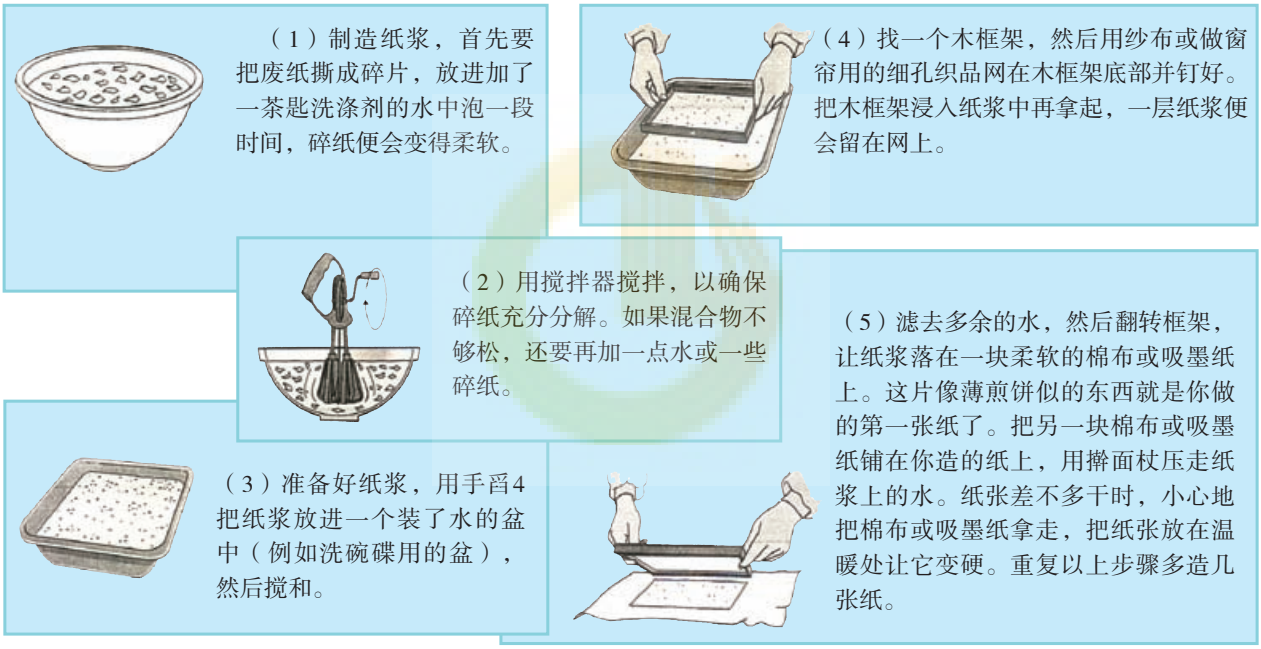


图2–9　动手造纸

现代工业化大生产又是如何造纸的呢？现代造纸工艺流程又是怎样的呢？

纸张记载了文字和文明，也是我们学习、生活和工作不可缺少的物品。两千多年来，随着科学技术的发展，今天的造纸工业已发展到了机械化、自动化和环保、低污染的水平。现代造纸的原料来源于木材或其他植物。以木材造纸的过程为例，将原木去掉树皮，切成木屑，经蒸煮分离纤维、洗涤、漂白和打浆后变成纸浆，将纸浆放在网带上晾干水分，经压水滚筒压榨、热滚筒烘干，最后卷取成纸。其工艺流程如下：

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

造纸工艺流程示意如图2–10所示。

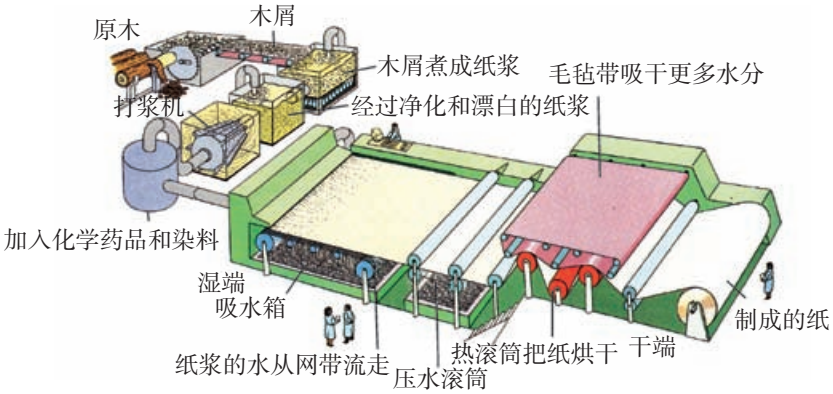


图2–10　造纸工艺流程示意图

造纸工艺流程反映了造纸的全过程，通过从原料（木材）的投入到各个工艺环节的连续处理，最后得到纸。在造纸的工艺流程中，各工艺环节是造纸过程中的关键工艺步骤。例如，①蒸煮分离纤维环节：将木屑与腐蚀性的碱或其他化合物一起煮沸，使木屑变得柔软，并除去杂质，分离纤维；②打纸浆环节：纸浆被捶打分解成纤维，使它们容易缠结在一起。还有其他环节这里就不一一赘述。每一个环节根据不同的处理要求选用相应的设备。造纸工艺流程中，各个环节之间的处理顺序是根据造纸的生产过程和工艺要求所确定的。类似的工业行业还有石油化工、冶金炼制、纺织印染等，它们的共同特点是生产过程往往是连续不断的。

讨论与分析

1. 工艺流程中环节和时序的作用。
2. 如果将工艺流程中的时序颠倒会产生什么结果？

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

机械设备、电子产品、家具的制造中，一般分为两个过程，即零部件或元件制造过程以及整体的装配过程。由于生产目标、生产过程不同，其工艺流程也不一样。在《技术与设计1》中我们已学过一些机械加工的知识和多功能六面广告宣传灯的制作，调查本章第一节的某种产品（家用电器、农机具、电子产品、家具）的制造工艺流程，并进行下面的讨论。

讨论与分析

1. 零件制造和整体装配工艺流程与造纸工艺流程的环节和时序有何相同点与不同点？
2. 根据已学过的有关流程的知识，分析生产流水线的特点。

对同样的原料，由于不同的工艺条件和设备，在工艺流程中环节的内容和数量都有可能随之改变，产品的物理和化学性能也会有所不同，相应的应用范围也不一样。

知识窗

聚　乙　烯

聚乙烯（polyethylene）具有热塑性，它一般无臭、无毒，具有优良的耐低温性能和电绝缘性能，用途十分广泛，主要用来制造塑料制品，如包装薄膜、电线电缆的绝缘材料和日用品等。用高纯度乙烯为原料，在引发剂或催化剂的作用下聚合为聚乙烯，经分离和造粒得到固体聚乙烯。它有高压聚合法和低压聚合法两种生产工艺及流程，聚乙烯的密度性能指标和主要由其生产的产品如表2-3。图2-11为用聚乙烯生产的产品——塑料薄膜。

表2-3　聚乙烯的密度性能指标和主要产品

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

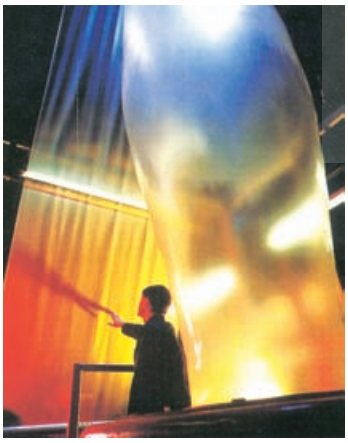


图2-11　用聚乙烯生产的产品——塑料薄膜

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

在工业化、自动化和智能化的大生产中，都涉及人员的分工、设备的有效使用和生产环节的合理安排等。无论是从生产管理的角度考虑，还是从生产过程的复杂性角度考虑，生产过程中复杂的产品往往都不可能用一个流程来表达。一般在流程的环节中，往往还可以包含有过程及相应的流程。例如，在印刷电路板的制造流程中，其预处理环节就是一个过程，包括制作胶片和钻孔图、钻孔、金属孔化。其相应的流程为：制作胶片和钻孔图→钻孔→金属孔化。同样其他各个环节也都含有过程和相应的流程。

二、流程的描述

流程的描述既可以用文字表述，也可用流程图来表达。

流程图（process chart or flowchart）是用图形和简单的文字来描述流程，在很多情况下比用文字表示更简洁、明了。它是一种对流程进行交流、测试、分析和设计的有效工具。

方框流程图是最简便易行和应用广泛的一种。它是表达流程，反映完成一项任务、一件事情以及生产、制造某种产品全过程的一类图形。随着科学、技术和工程的发展，方框流程图几乎被所有的工程学科、自然科学学科、管理科学与经济学学科，甚至很多人文社会学科广泛应用。

方框流程图有多种，一般都采用预先约定的几何图形或符号表示各个环节，以及各个环节之间的顺序关系（时序）。根据其用途和繁简程度，选用的图形符号，其差别很大。图2-12是最简单的方框流程图的符号，只有两个图形符号，即方框和带箭头的直线。图2-13是常用的一种方框流程图的部分图形与符号示例。

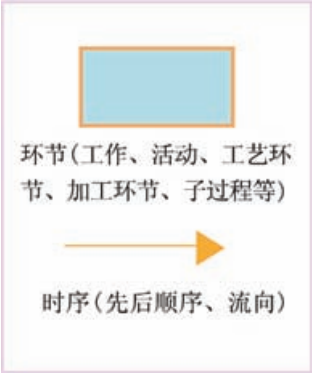


图2-12　最简单的方框流程图的符号

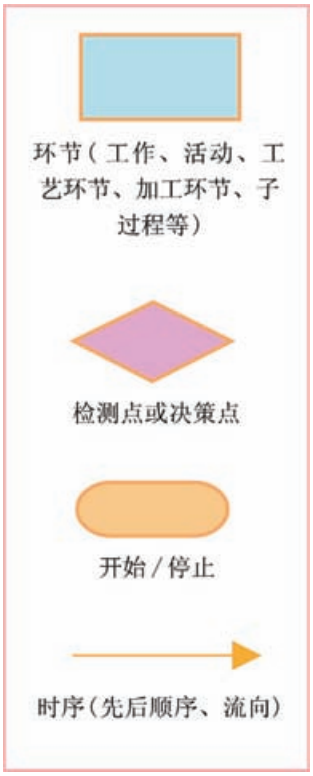


图2-13　一种方框流程图的部分图形与符号示例

（一）绘制流程图

流程图的绘制是在已经确定了流程的环节和时序后，利用预先约定的流程图的几何图形或符号绘制出来的。

如图2-14、图2-15所示的邮寄包裹工作流程方框图和造纸工艺流程方框图就是利用图2-12的最简单方框流程图符号描述的。在方框流程图中方框代表环节（工作和工艺环节等），环节的具体内容或名称写在方框中。带箭头的直线表示环节之间相互的时序（先后顺序）关系，并可加注必要的文字说明。

图2-14　邮寄包裹工作流程方框图

图2-15　造纸工艺流程方框图

（二）识读流程图

流程图的识读是根据预先约定的流程图的几何图形或符号，来理解完成某件事情或制造某种产品所需的各个环节和时序关系的全过程，而且还可以通过进一步的分析发现问题，为流程的改进做准备。下面用图2–13所示方框流程图的部分图形与符号，来识读图2–16所示的程控电话交换机接续电话的工作流程图。

在图中，用椭圆图形表示流程的开始和结束；用方框图形表示环节，它具有一个流入指向和一个流出指向；用菱形表示检测分支点，它具有一个流入指向和两个流出指向。

图2–16的流程是这样的：当我们想打电话（称主叫用户）给某人（称被叫用户）时，提起电话听筒（或按免提键）就会听到一长声的“嘟……”，这是电信局的程控交换机送过来的信号（称拨号音，450 Hz的正弦信号），提醒你可以拨号，交换机正准备接收你的拨叫号码。接着交换机对你所拨的号码进行收号和号码分析，并找到被叫用户。若被叫用户线路正忙，则交换机送忙音信号（短促地响0.35 s，断0.35 s的“嘟、嘟、嘟”声）给你（主叫用户），并结束此次呼叫过程；若被叫话机线路空闲，交换机向被叫话机送振铃信号，并向主叫话机送回铃音（响1 s，停4 s的“嘟……嘟……”声），表示被叫话机正处在振铃状态；若被叫话机一段时间没有应答，则送忙音给主叫话机，并结束呼叫；若被叫提机应

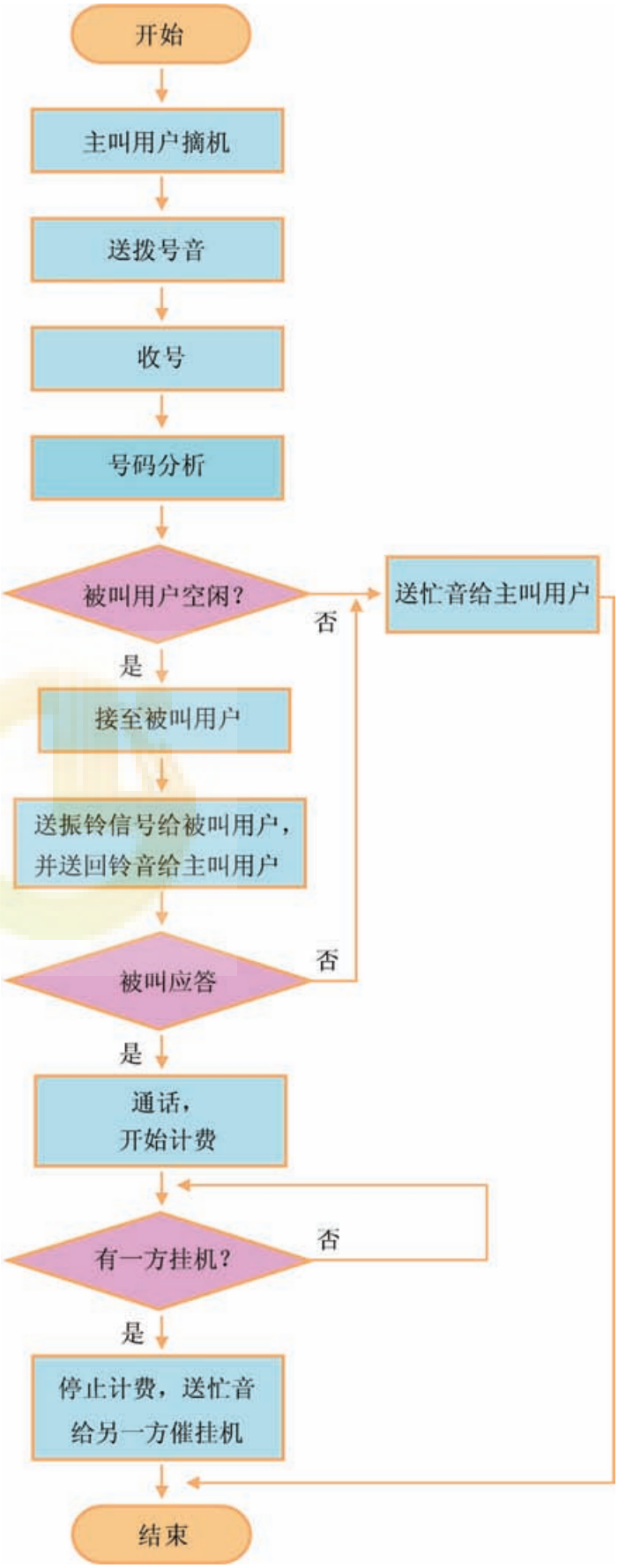


图2–16　程控电话交换机接续电话的工作流程图

答，则交换机建立主叫、被叫话机的通话信道，开始通话，并开始按时计费，直到有一方挂机才停止计费，并送忙音信号给另一方催挂，一次呼叫结束。

流程图根据行业和用途的不同有多种的描述方式。只要有公认的规范、图形和符号就可以作为流程图用来表示流程。如图2-17所示为琼脂生产工艺流程图；图2-18所示的是在机械加工中的装配流程示意图；图2-19所示为商场购物的流程图。

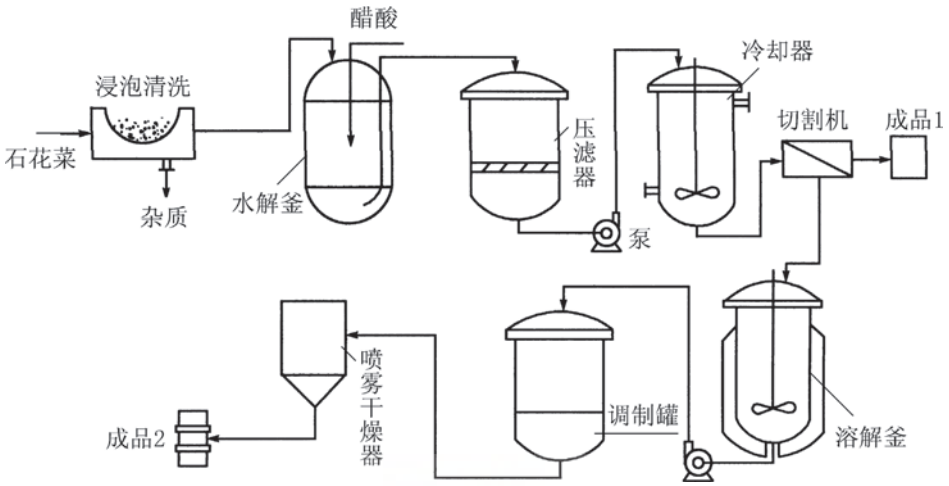
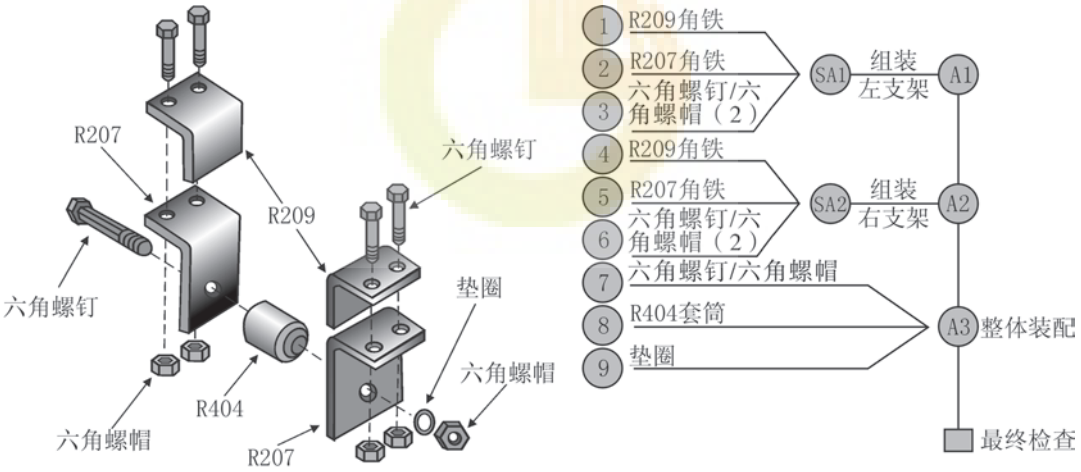


图2-17　琼脂生产工艺流程图



（a）装配图　　（b）流程示意图

图2-18　机械加工中的装配流程示意图

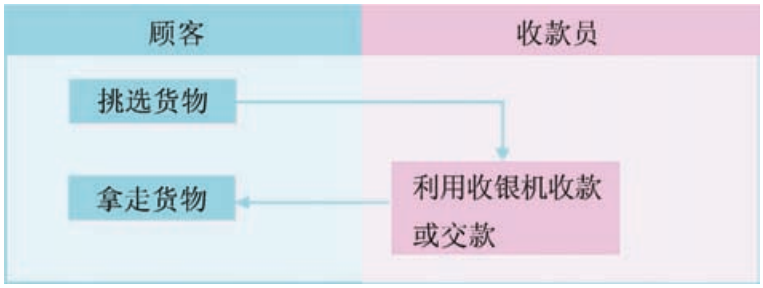


图2-19　商场购物的流程图

设计与实践

分组活动，每3～4位同学为一组，选择下列内容之一或自选熟悉的内容，进行调查或参观，有条件的学校可试着进行制作。运用本节所学习的知识，通过小组内同学之间的讨论和分析，确定流程的环节和时序，画出方框流程图。最后每个小组写出一份报告并在班上进行交流和评价。小组分工、调查记录表可参考本章第一节的调查部分。

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

本节练习题

1. 请同学们用图2–12的最简单方框流程图符号描述汽车制造的方框流程图（图2–20）。

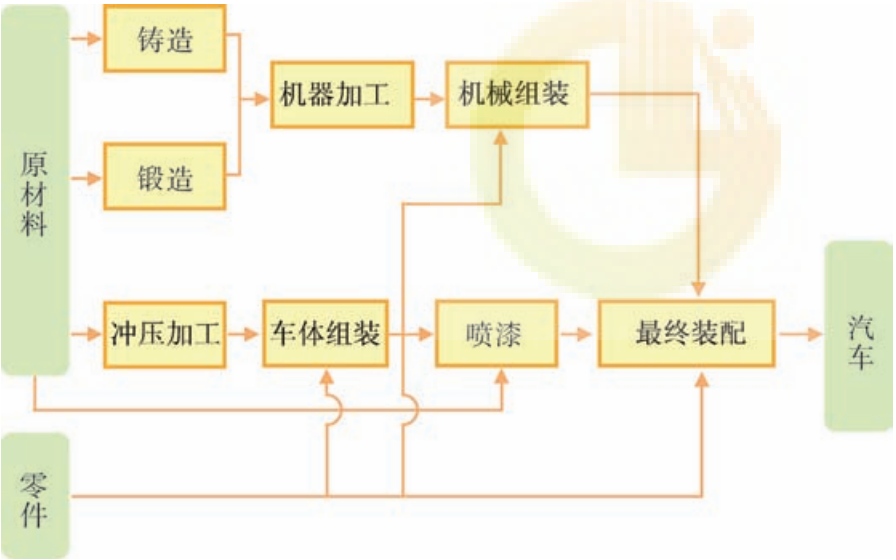


图2–20　汽车制造的方框流程图

2. 请同学们用图2–13的几何图形与符号描述印刷电路板图设计流程的方框图（图2–21）。

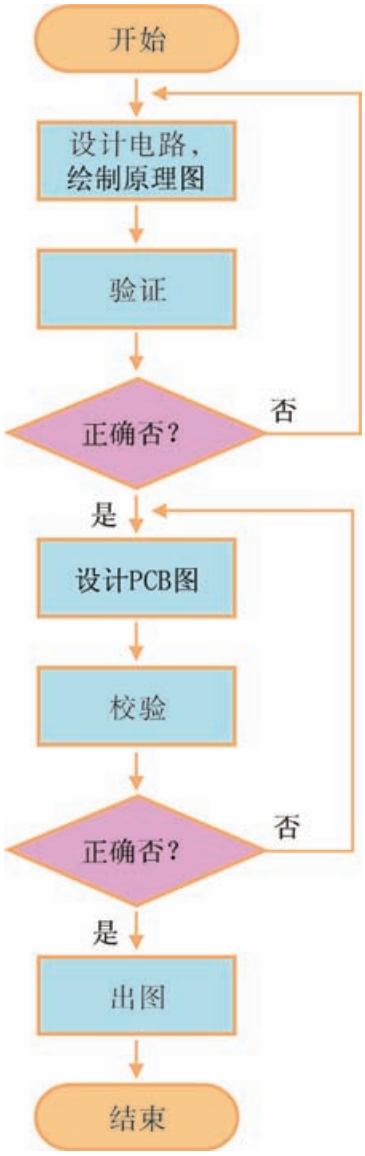


图2–21　印刷电路板图的设计流程方框图

3. 根据题意，完成下面各小题的填空。

（1）流程的基本组成是由 _____ 和 _____ 所构成，两者缺一不可。

（2）我们把完成某个具体目标、组成某个生产或者某个活动过程的若干阶段或小的过程称为_____。

（3）在编制计算机程序时，经常要用程序流程图来表示

算法，流程图中的方框表示_____，带箭头的直线表示程序流向的_____。

（4）依据流程的性质以及人们的表达习惯，流程的描述有_____、_____、_____等方式，有些场合还可以用模型表达、动画演示等。

4. 在下列各小题中选择正确的选项。

（1）用电饭煲煮饭时要先洗米、添水、通电。在这个流程中，其做事时间上的先后顺序称为（　　）。

A. 次序　　B. 先后　　C. 时序　　D. 顺序

（2）关于流程、时序、环节，下列表述错误的是（　　）。

A. 任何流程反映了一定的时序，体现出一定的环节

B. 环节是一个相对概念，有些环节还可以再细分为若干子环节

C. 生产中的时序是不可颠倒的

D. 设计科学合理的流程，目的是为了提高质量和效率

5. 判断下列各小题的说法是否正确。正确的在括号中打“√”，错误的在括号中打“×”。

（1）任何一个流程的环节和时序都是固定的，是不能改变的。（　　）

（2）流程图的绘制是在已经确定了流程的环节和时序后，利用预先约定的流程图的几何图形或符号绘制出来的。（　　）

（3）流程的描述只可以用流程图来表达。（　　）

（4）常用的方框流程图中，菱形表示检测点，具有两个流入指向和一个流出指向。（　　）

第三节　流程的设计

一、流程设计的基本因素和步骤

（一）流程设计的基本因素

在生活和生产中有各式各样的流程，流程设计主要应考虑事物的内在性质、规律和相关因素。

对于工作流程，应根据工作目标的不同而综合考虑工作效率、工作质量和工作规范的问题。例如设计全自动洗衣机（图2–22）的工作流程，为了提高工作效率，节省用水

图2–22　全自动洗衣机

和时间，可以减少浸泡时间和漂洗的次数。但是对于较脏和难洗的衣物可能会出现洗不干净的情况。所以全自动洗衣机一般都设计有几个洗衣程序（流程）供用户选择。

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

（二）流程设计的步骤

设计一个流程一般按下面几个步骤进行：

1. 了解设计的目的，明确设计目标。
2. 分析流程的各种因素，确定流程的各个环节。
3. 根据各环节之间的关系，确定时序，初步画出流程图。
4. 模拟或测试流程的运行情况并进行修改调整。
5. 写出说明书。

下面我们通过具体案例，分析和了解流程设计的基本方法和步骤。

例

稻谷加工成大米的工艺流程设计

背景知识

稻谷由米、糙皮层和稻壳组成，如图2–23所示。加工前的稻谷由于需要经过收获、晾晒、运输和仓储等过程，所以稻谷中含有各种杂质。

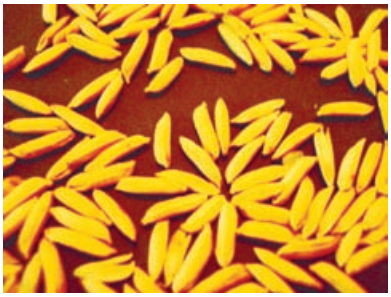


图2–23　稻谷、糙米和米

基本因素分析

根据背景知识，我们已经知道了加工前稻谷的特点。为了加工出成品大米，在稻谷加工中清除杂质、脱去稻壳和糙皮层是必须要完成的任务。从加工过程来考虑，首先要进行清除杂质，以保证稻谷的纯净度以便于后续的加工处理，然后脱去稻谷的最外层（稻壳），最后去除糙米表面的部分或全部皮层。

设计方案

1. 环节确定。

清除杂质、脱去稻壳和糙皮层是加工过程中不可缺少的任务，另外从工艺要求和设备等考虑，稻谷加工工艺流程由清理、砻谷、碾米3个环节组成。主要的任务为：

（1）清理。清除稻谷中各种杂质，以达到砻谷前净谷质量的要求。

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

（3）碾米。碾去糙米表面的部分或全部皮层，制成符合规定质量标准的成品米。

2. 时序确定。

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

3. 画出流程图。

稻谷加工工艺流程图如图2–24所示。

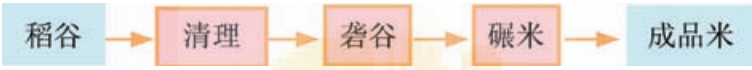


图2–24　稻谷加工工艺流程图

说明：

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

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

二、流程的设计和实践

设计与实践

设计用植物的色素染布的工艺流程

（一）学习的目的及要求

1. 通过参加流程设计的全过程，加深对已学内容的理解，初步掌握对一些简单流程进行设计的能力。

2. 在收集资料、分析、讨论的基础上，确定流程的环节和时序，画出流程图，并用

文字或图表说明流程设计方案的特点。

3. 以小组为单位，分工合作完成。每3～4位同学为一组，明确任务分工及时间进度。

（二）背景材料

人们最早使用的一些染料就是用植物制造的。例如，菠菜汁能制成一种绿色的染料。在日常生活中，也可以直接用果实、草木的色素作为染料进行染色。把布浸在各种植物的叶、花、果、根的热提取液中，使色素固着在布上而使布着色。

（三）设计过程

1. 调查研究，收集相关资料。

了解染色的知识和过程以及如何由植物原料提取染料等。

2. 初步方案设计。

在收集资料进行讨论和分析的基础上，确定染布流程的环节及相应内容、时序关系，画出流程图，并准备所需材料。

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

3. 确定设计方案。

根据设计的流程进行染布，并根据在染布过程中发现的问题，对流程进行修改，确定流程和绘制新的流程图。

4. 写出设计报告。

用文字或图表写出设计过程，包括初步设计方案和流程图、选用的材料、染布过程中出现的问题、最后的方案和流程图，并说明设计方案的特点。

（四）评价与小结

1. 分别评价各小组的设计方案，列出评价指标，并对评价指标进行量化（表2–4）。

表2–4　设计方案评价参考

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

（1）师生共同讨论，细化、完善评价指标。

（2）为不同的指标确定不同的权重。

2. 比较评价各小组的设计方案，分别列出各个方案的优点和不足（表2–5）。

表2–5　各组设计方案的比较评价

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

知识的运用

在下列流程设计题目中，选择其中1~2种，参照本节“设计与实践”的要求和格式进行设计。

（1）设计工艺蜡烛的制作流程。

（2）组织一次全班同学都参加的野餐活动，设计该活动的工作流程。

（3）设计固体垃圾处理的工作流程。

本节练习题

1. 根据题意，完成下列各小题的填空。

（1）每完成一项任务都有流程，流程设计主要应该考虑事物的_____、_____和相关因素。

（2）从工艺流程本身的结构来考虑，生产活动中的工艺流程设计要综合考虑_____和_____。

（3）流程的设计和改进的目标包括_____、_____、改进工艺、提高效率、缩短工期、节省资源和成本、环境保护等。

2. 在下列各小题中选择正确的选项。

（1）依托信息化的OA系统，实现无纸化、高效办公，并能有效协调多部门之间的协同工作问题。这种流程优化属于（　）。

A. 技术优化　　B. 工期优化　　C. 质量优化　　D. 成本优化

（2）修车师傅在自行车补胎的流程中，用锉子将洞口四周的胎皮锉毛的环节，目的是为清洁附着表面和增大摩擦力，使补丁与胎皮的附着力更强。体现了修车师傅在这个流程设计中主要考虑了（　）。

A. 工艺水平　B. 安全施工　C. 提高效率　D. 成本控制

3. 判断下列各小题的说法是否正确。正确的在括号中打“√”，错误的在括号中打“×”。

（1）如图2–25所示是某企业为员工制定的洗手流程图，员工反映不易看懂。该流程图的表达存在的问题是没有表示时序也没有

图2–25　洗手流程图

文字说明。（　）

（2）小张准备设计制作一个木质衣架，画好草图和视图后，在设计制作流程时，不用考虑产品质量。（　）

（3）绘制方框流程图时，带箭头的直线表示环节之间相互的时序关系，需要时可加注必要的文字说明。（　）

第四节　流程的改进设计

一、流程改进的目的

世界万物都在不断地变化，人类的发展也是由低级向高级不断进步的过程。同样，随着人们对客观事物认识的深化和科学技术的进步，生活、生产中的许多流程也在不断地改进变化。

随着社会的发展，满足人们物质生活和精神生活的需要，提高生产效率、产品质量和经济效益，成为改进流程的目的之一。

例

东风商场购物流程的改进

以前东风商场采用传统的销售模式，将商品摆放在玻璃柜台（或橱窗）里，顾客要买某商品必须找售货员拿出来，挑选满意后要拿着售货员开出的交款单到收款处交款后，再回到柜台找售货员提货，如图2–26，其购物流程图

图2–26　东风商场传统购物模式

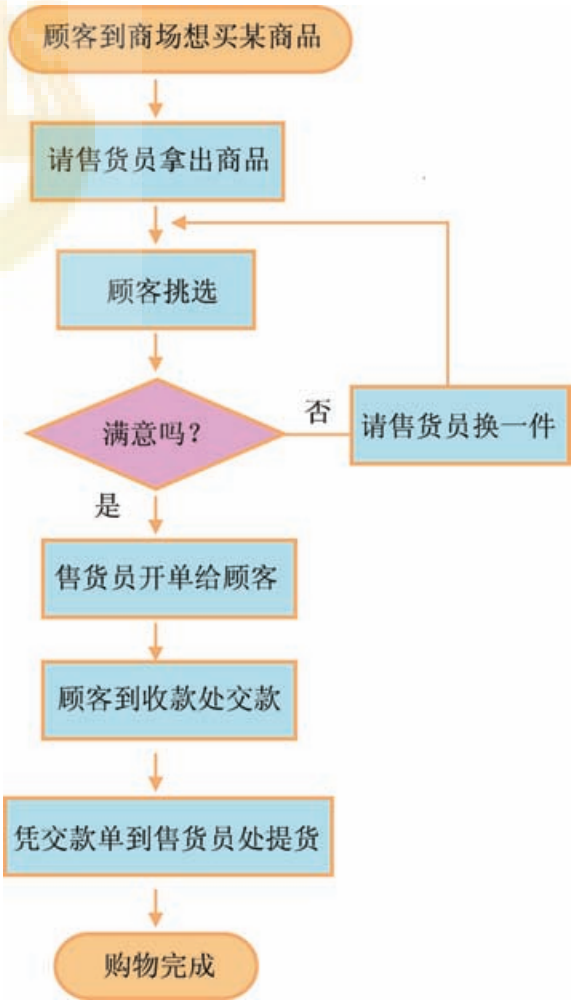


图2–27　东风商场传统购物流程图

如图2–27所示。现在商场改为超市的销售模式，将商品全部摆放在开放的货架上，顾客自行到货架前挑选商品，满意后放入商场提供的购物篮（或小推车），最后到出口处验货交款，如图2–28，其流程图如图2–29所示。

图2–28　东风商场超市购物方式

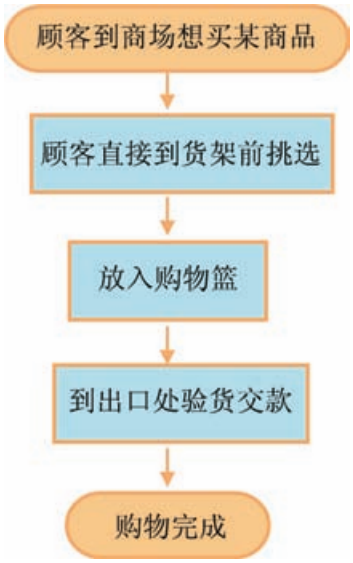


图2–29　东风商场超市购物流程图

讨论与分析

东风商场新的购物流程比原购物流程简化了很多环节，体现了商场以人为本，方便顾客的服务思想。很多人都喜欢到该商场购物，商场的销售额也因此大增。

分组讨论下面的问题：

1. 新的购物流程比原购物流程简化了哪些环节？
2. 该流程的改进目的是什么？
3. 对于商场来说，新购物流程有哪些好处？你认为它还有哪些缺点？
4. 在你的日常生活和以往的学习中，有哪些流程改进的例子？改进的目的是什么？

今天人们对产品和服务的要求越来越高，个性化、便捷和安全等都成为改进流程的目的，也是提供产品和服务的企业、公司为提高经济效益与竞争力的手段之一。

而科学技术的进步为实现流程的便捷、安全和个性化提供可行的手段。

例如：随着个人识别系统的出现，我们回家开门时只需要把手指放在指纹识别器上或将眼睛对准虹膜识别器，识别系统则通过识别我们的指纹或虹膜来确定是否开门。这样回家开门的流程就将改变成如图2–30所示（以指纹为例）。

图2–30　用指纹识别器开门的流程图

知识窗

指纹识别

科学家们已发明了几种不同的指纹识别系统，如图2–31所示的这种系统是通过探测热量的变化而生成图像。其他一些系统则是根据简单的视觉图像或者测量手指表面的微电流的变化来进行识别。

1．使用者把他（她）的手指拂过传感器，这种传感器是一个单独的表面涂有热敏材料的微型芯片，其中含有14 000个成像像素。

2．芯片把它所感觉到的细微的热量变化转换成为一系列的图像片断，每一个片断都表示一个指纹皱褶模型。大约要形成50～100个片断。

3．特定的软件在0.1 s之内把这些片断复原为完整的图像。这个图像会在监视器上显示出来并且存入数据库里。

4．为了保证系统安全，计算机运用复杂的运算对图像作进一步处理，形成数字识别码。

图2–31　指纹识别过程

二、流程改进的步骤和方法

流程的改进一般有以下几个步骤：

1．分析流程的现状。

对流程进行改进，首先需要了解流程各个环节的意义和作用，以及前后顺序关系，然后透彻地分析与流程有关的各种因素（如环境、设备、资源、工艺条件等）。

2．确定改进的目标和要求。

在充分了解和分析流程的现状以及各种与流程有关的因素之后，我们就可以根据实际需要进行综合考虑，权衡利弊，最终确定改进的目标和要求。

3．确定改进的方案。

根据流程改进的目标和要求，结合流程现状的分析，确定流程改进的方案。

其方法一般有以下 3 种：

（1）对环节进行改进（如合并、删减，对某些环节进行分拆，分拆后可再重新合并等）。

（2）对时序进行调整改进。

（3）对环节和时序都进行调整改进。

下面我们通过案例来具体分析如何进行流程的改进。

例

做饭流程的改进

张肖君的爸爸妈妈都在工厂上班，中午放学后她要自己做饭吃。家里只有一个煤炉。每天做饭的环节有：

淘米：需要3 min

洗菜、切菜：需要10 min

烧饭：需要20 min

炒菜：需要15 min

按照这些环节顺序，张肖君做饭的时间需要48 min。其流程如图2–32所示。

图2–32　做饭的流程图（1）

学习了流程与设计后，张肖君动起了脑筋，对自己做饭的流程进行了改进。

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

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

◆ 确定改进的方案：根据改进的目标和要求及对原流程的分析，她把洗菜、切菜与烧饭合并为一个环节，在20 min内完成，这样做饭的时间就变为38 min。改进后的流程如图2–33所示，比原流程节约了10 min。

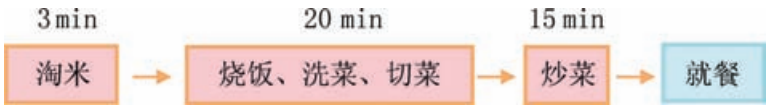


图2–33　做饭的流程图（2）

随着张肖君家里安装了管道煤气，新买了煤气灶。她又动起了脑筋，设备条件变化了，流程是否还能改进呢？她发现煤气灶上有两个炉头，在烧饭的同时可以用另一个炉进行炒菜，所以她将流程的时序进行调整改进，如图2–34所示，其做饭时间又节省了10 min，只需要28 min就有饭吃了。

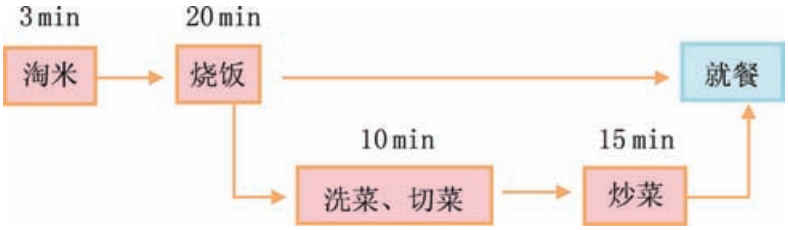
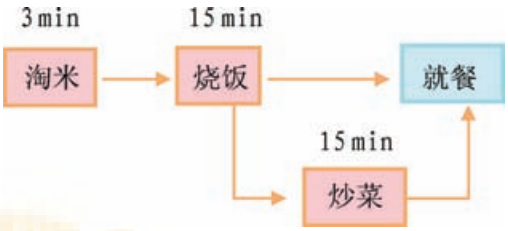


图2–34　做饭的流程图（3）

经过一段时间的实践，张肖君发现用煤气灶烧饭比用煤炉快，只需15 min饭就烧熟了，而菜还在炒，流程还能改吗？经考察张肖君发现，小区超市为了方便居民而推出洗切好的肉菜半成品，购买该类食品可免去洗菜、切菜环节。做饭的流程又节省了10 min（图2–35）。

（a）



（b）

图2–35　做饭的流程图（4）

张肖君勤动脑筋，将学习到的知识应用到生活实际中。把做饭的时间从48 min改进到只需18 min。在上述的几次改进中，第一次改进是在外部条件没有改变的情况下，对流程的环节和时序进行分析，并找到不合理的地方从而进行调整优化。第二次改进是因为设备条件变化了，使改进成为可能。第三次改进是由于社会服务的提升，材料发生了变化而进行的改进，这次的改进虽然使流程节约了10 min，但购买肉菜半成品的费用相对于购买未加工的肉菜稍高，所以采用流程（3）还是采用流程（4），将要视具体情况进行权衡取舍。

流程的改进有对环节的改进，也有对时序的改进，还有既对环节也对时序进行改进的。不管哪种改进都是建立在对流程内在的各个因素进行充分研究理解的基础上的。随着科学技术的进步，新的设备、新的生产工艺或新的管理、生产模式的出现使流程的改进成为可能和必要。

设计与实践

改进某学校新生报到的流程

学习目的及要求

1. 通过亲历一次流程改进与优化的设计过程，进一步体会流程改进的意义，并初步

掌握对一些简单流程进行改进的基本方法和步骤。

2. 分析：比较原流程与改进后的流程，写出分析报告，说明改进后流程的优点。

3. 活动可单独完成，也可分组完成。

背景材料

某学校新生报到流程如图2–36所示。

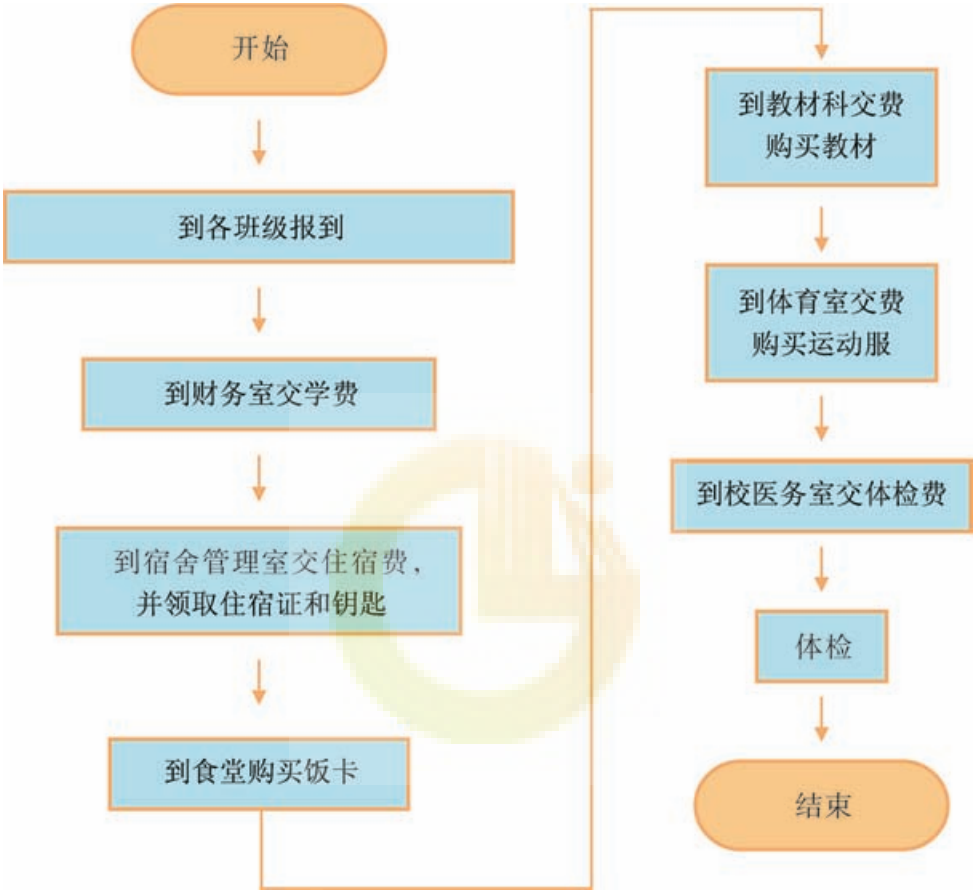


图2–36　新生报到流程图

按照该流程，由于新生人数太多，要多次排队缴费；工作人员也因兼顾收费而难以提高工作效率。结果每年的新生报到工作都要安排3天时间才能完成，学生与家长也因排队而颇有微词。学校决定对该流程进行改进优化。

改进设计目标及要求

请你根据上述背景材料，分析、理解该流程，并对该流程进行改进设计。要求完成相同的任务，但要提高工作效率，减少学生排队的次数与工作人员的工作强度和难度。

提示

1. 学生所交各种费用可由财务处统一收齐后再由学校划分，也可用银行转账。

2. 每位学生都必需的教材、饭卡等物品可否由各报到点统一发放。

3. 应考虑减少学生排队时间，合理设置学生的报到点。（如按院系、按专业或按班级）

4. 在学生报到前和报到后，校方应做好哪些工作？

设计过程

1. 对新生报到的背景材料进行分析，确定改进的目标和内容；
2. 围绕改进的目标，进行调查研究和讨论，确定新流程的各个环节；
3. 绘制新的流程图；
4. 写出分析报告；
5. 将你的方案与其他同学交流。

评价与小结

1. 分别评价各小组的设计方案，列出评价指标，并对评价指标进行量化（表2–6）。

表2–6　设计方案评价参考

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

（1）师生共同讨论，细化、完善评价指标。

（2）为不同的指标确定不同的权重。

2. 比较评价各小组的设计方案，分别列出各个方案的优点和不足（表2–7）。

表2–7　各组设计方案的比较评价

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

拓展与应用

（一）原印刷电路板图设计与生产的流程

在20世纪80年代初，由于计算机技术还处在较低水平（速度慢、内存小），所以设计与制作印刷电路板的技术水平还停留在人工与半自动化的水平上，其印刷电路板图的设计与生产流程如下：

1. 印刷电路板图的设计流程。

（1）查找电子元器件手册资料，准备设计。

（2）设计电路。

（3）对一些重点电路进行试验、测试，并修改设计图。

（4）设计印刷电路板图（因人工设计，故对较复杂电路需花费很多精力与时间，同时出错率高）。

（5）检查图纸。

（6）出PCB图送工厂制作印刷电路板。

2. 印刷电路板的生产流程。

（1）接受PCB图和设计人员的有关设计说明。

（2）按照PCB图进行重新贴图（用透明胶片和标准的贴图材料进行图纸的规范化）。

（3）制作转印胶片和打孔图、阻焊图、丝印图等各种加工图。

（4）对覆铜板进行表面处理。

（5）手控钻床钻孔。

（6）金属孔化。

（7）转印。

（8）蚀刻。

（9）后处理。

（10）质量检查。

（11）出厂。

（二）印刷电路板图设计与生产流程的改进

◆ 分析现状

随着计算机技术的进步，应用计算机进行辅助设计（CAD）和自动化生产已成为可能。上述设计流程全部可应用计算机进行辅助设计。例如，计算机中可存储大量的电子元器件资料手册，还可上网查找最新资料；计算机可对电路原理进行仿真测试；计算机还可实现自动布线、自动校验，并可同时生成各种加工图，实现无纸化设计。这样可大大地提高设计效率和可靠性。在工厂，计算机可直接接受设计人员传送过来的设计文档，并直接

控制数控机床进行裁板和钻孔；应用光绘机直接出胶片及其他各种加工图纸，不仅制作精度更高，同时也提高了效率。

◆ 改进目标

（1）采用CAD技术，实现无纸化设计。提高设计效率和准确率，并使设计更规范化、标准化。

（2）采用计算机和数控技术进行加工生产，提高精度和效率。

◆ 流程改进设计

1. 确定改进方案。

（1）应用CAD技术改进原手工设计流程，实现电子设计自动化。

（2）应用计算机与数控技术，改进印刷电路板的生产流程。取消原贴图的环节，简化制作胶片和各种加工图的环节，用数控机床代替人工钻床，实现更高的精度和效率。

2. 确定流程的所有关系。

新的印刷电路板图的设计流程为：

（1）用计算机设计电路。

（2）仿真测试。

（3）设计PCB图。

（4）自动校验。

（5）设计文档传送给工厂。

新的印刷电路板的生产流程为：

（1）计算机接受设计文档。

（2）用光绘机出各种加工图纸。

（3）对覆铜板进行表面处理。

（4）用数控打孔机打孔。

（5）金属孔化。

（6）转印。

（7）蚀刻。

（8）后处理工序。

（9）质量检查。

（10）出厂。

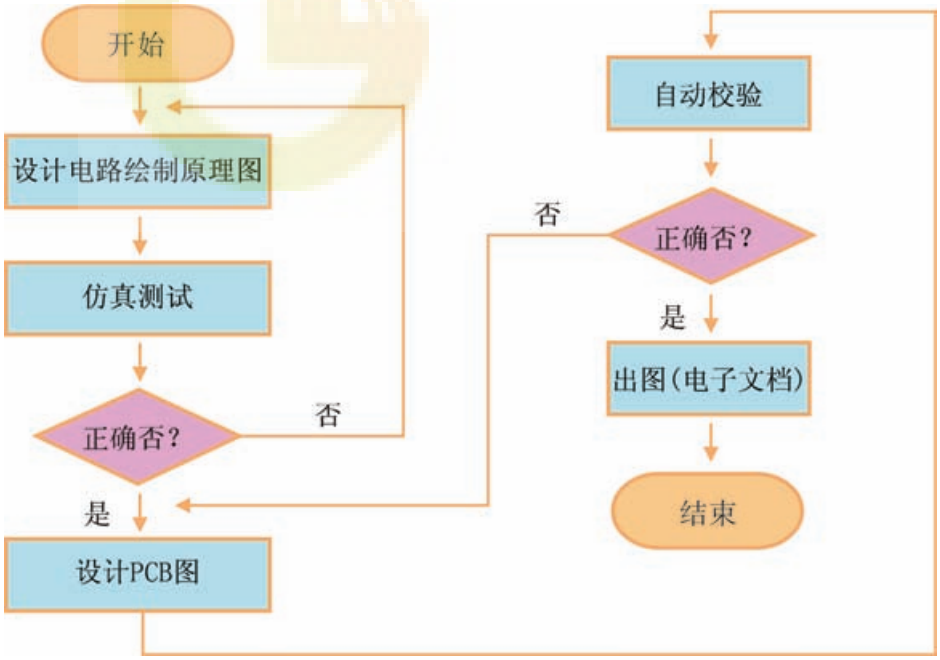


图2–37　印刷电路板图的设计流程图

3. 绘制新流程图。

（1）印刷电路板图的设计流程如图2–37所示。

（2）印刷电路板的生产流程如图2–38所示。

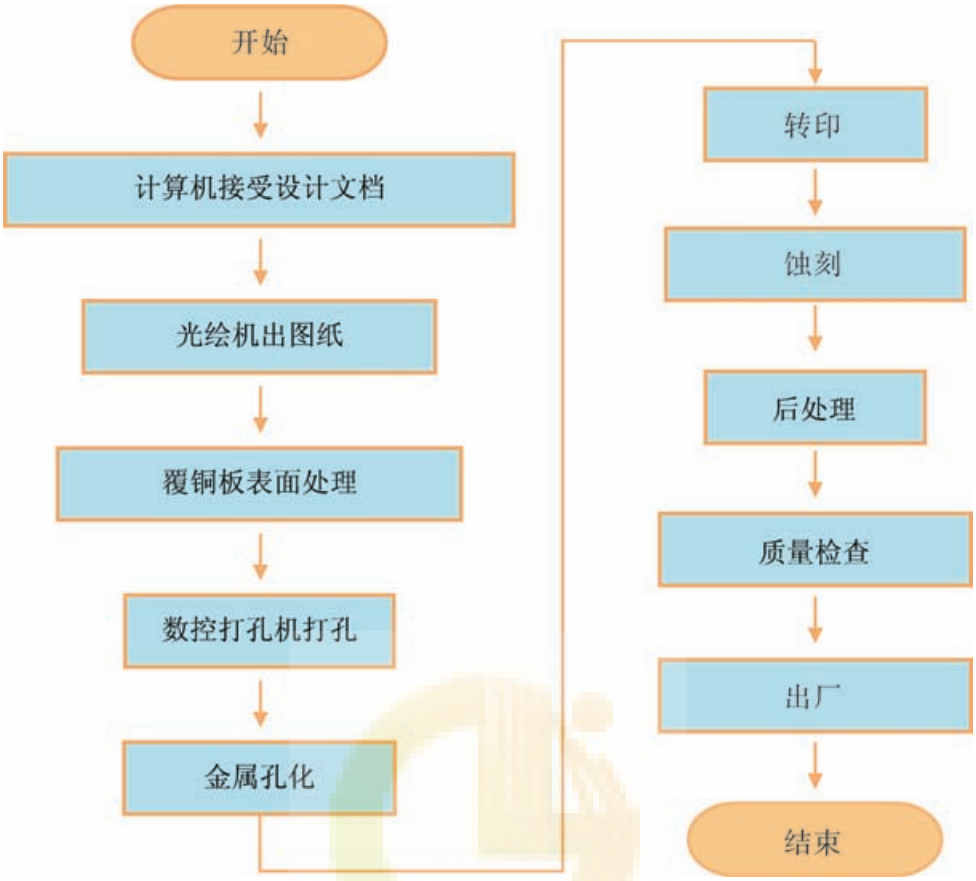


图2–38　印刷电路板的生产流程图

本节练习题

1. 根据题意，完成下列各小题的填空。

（1）流程的改进一般有以下几个步骤：_____、_____、_____。

（2）流程改进的方法一般有3种，包括：_____、_____、_____。

（3）流程的改进需要有内部条件和外部条件，建立在对流程内在机理的进一步研究的基础上的条件属于_____，建立在设备和工艺水平提高的基础上的属于_____。

2. 在下列各小题中选择正确的选项。

（1）下列有可能属于流程优化目的的是（　　）。

①提高工作效率　②提高产品质量　③保护环境　④节约成本

A. ①②　　B. ①③　　C. ②④　　D. ①②③④

（2）小明以往炒菜时都是炸锅时放碘盐。参加烹调培训班后，得知在炒某些菜时，若在出锅前放碘盐，碘的食用率可达62.3%，炸锅时放碘盐，碘的食用率仅为18.7%。就加

盐时机，小明对炒菜的流程进行了优化，其目的是（　　）。

A. 提高工作效率　　B. 提高碘的食用率

C. 减少生活中的盲从　　D. 使生活更为安全

（3）以下流程安排，合理的是（　　）。

A. 买票→上车→检票→候车

B. 咨询患者无过敏史→青霉素皮试→观察20 min→无过敏反应→注射青霉素

C. 冷藏螺钉→取出螺钉→快速送装配车间→隔天装配

D. 购买电器元件→调试→焊接底座→做灯罩→组装台灯

3. 判断下列各小题的说法是否正确。正确的在括号中打“√”，错误的在括号中打“×”。

（1）任何一个流程的环节和时序都是固定的，是不能改变的。（　　）

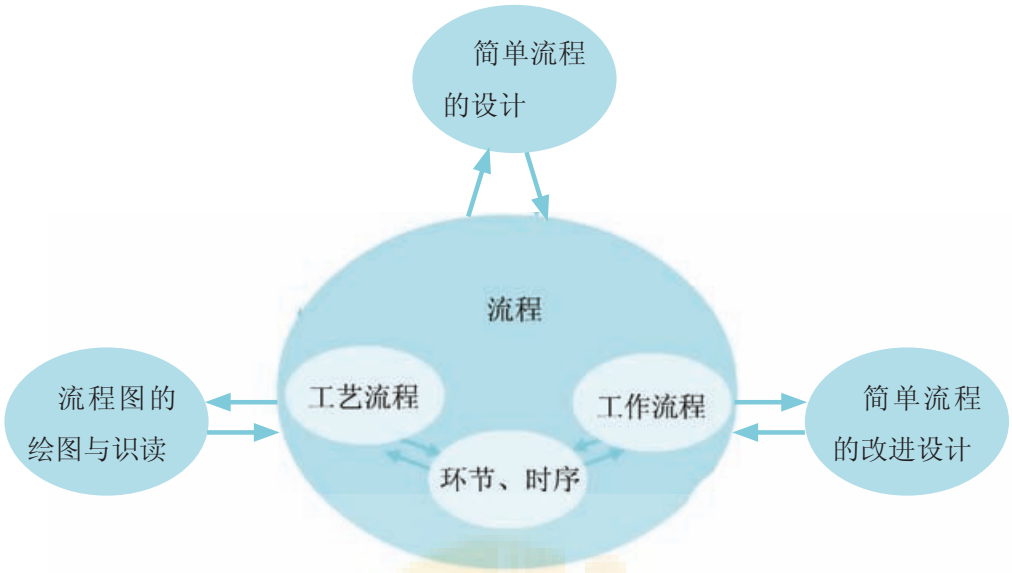
（2）产品的生产工艺流程中，有些环节是不可倒置的。（　　）

（3）人类的生产和生活中的流程是自然存在的，只要找出其中的规律，按部就班进行就可以了。（　　）

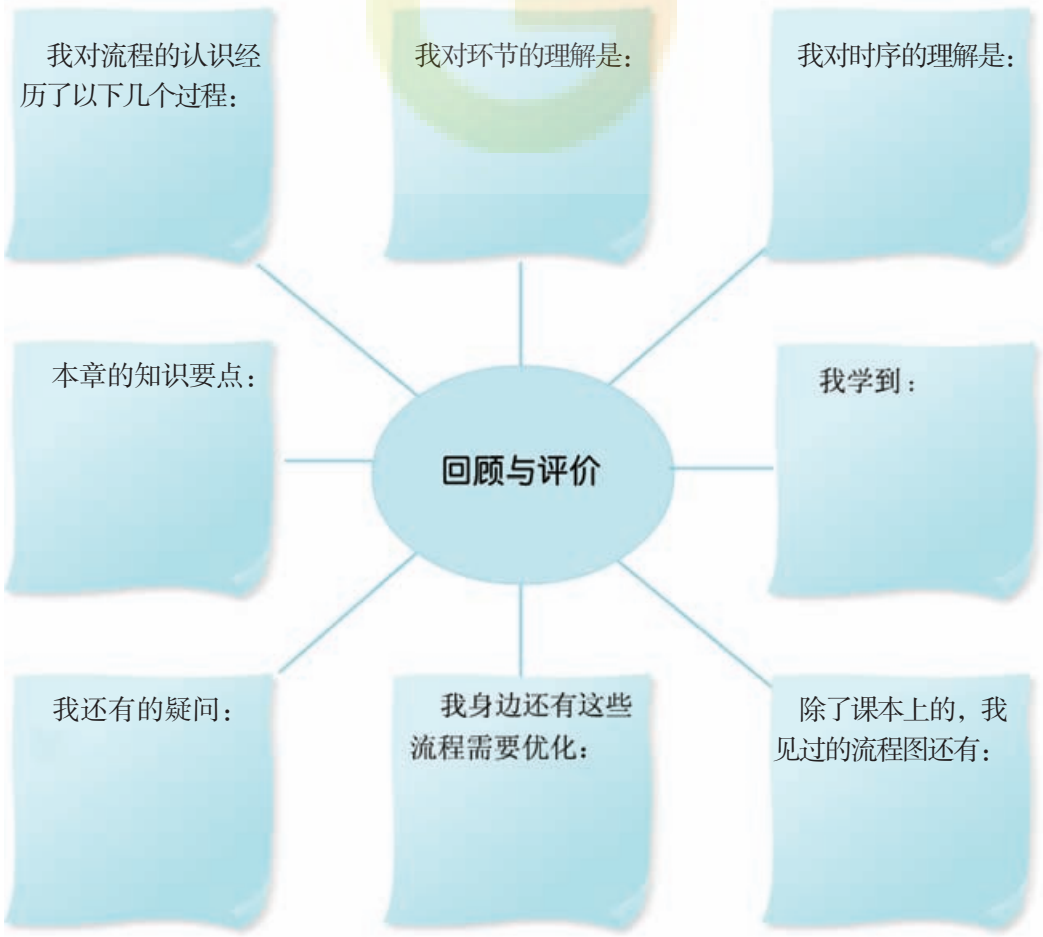
（4）流程优化都是采取简化环节的措施，不能增加环节。（　　）

本 章 小 结

一、知识结构



二、回顾与评价



综合学习活动与练习题

1. 根据题意，完成下列各小题的填空。

（1）流程优化的主要内容有：主要方法和过程是_____。

（2）流程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_____，有些步骤之间的时序是_____。

2. 在下列各小题中选择正确的选项。

（1）图2-39所示的是奶粉生产流程，有人要对其生产工艺流程进行改进，说法正确的是（　　）。

图2-39　奶粉的生产流程

A. 5个环节一个也不能少，时序不可随意变动

B. 去掉杀菌环节，因为在喷雾干燥环节就可以把细菌杀死

C. 去掉浓缩环节可以提高工作效率

D. 把杀菌环节放到出粉前，效果可能会更好

（2）图2-40是教育部公布的高考后自主招生工作流程。

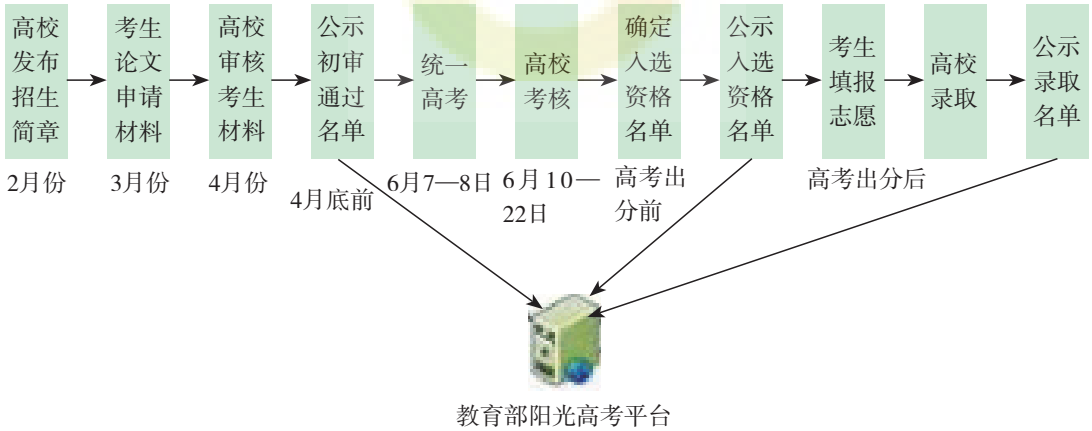


图2-40　高考后自主招生工作流程图

从该流程图可以看出，各个环节都有开始时间和持续时间，并且是按一定的先后顺序进行。我们把这种时间上的先后顺序叫作（　　）。

A. 步骤　　B. 时序　　C. 环节　　D. 顺序

（3）使用高压锅时要先放汽再开锅盖，否则有可能引发爆炸。从流程的角度来说，下列观点错误的是（　　）。

A. 任何流程的时序都是不可以更改的

B. 不可颠倒的时序往往反映了事物的内在规律

C. 合理、正确的流程引导我们正确做事

D. 生活中处处有流程

（4）小王洗澡出来后发现煤气泄漏，正确的处理流程是（　　）。

A. 关上煤气→打开门窗→走出门外打求助电话

B. 打求助电话→打开门窗→关上煤气

C. 打开排气扇→打开门窗→关上煤气

D. 打开排气扇→打求助电话→关上煤气

（5）小明在淘宝网店看中了1架飞机模型，若一次购买3架模型，店家包邮。于是他约了另外两位爱好者一起购买飞机模型。这种流程的优化是（　　）。

A. 工期优化　　B. 技术优化　　C. 成本优化　　D. 质量优化

3. 判断下列各小题的说法是否正确。正确的在括号中打“√”，错误的在括号中打“×”。

（1）对某些流程来讲，通过改变时序也可以达到优化流程的目的。（　　）

（2）蒙蒙去野营被毒蛇咬伤，他通过以下的处理流程是正确的。（　　）

在伤口上方约4 cm处结扎→清洗伤口→用毒蛇急救器排毒→服药→找医生就医

（3）大明去银行柜员机自助取款，他通过以下的操作流程取款是正确的。（　　）

正确插入银行卡→输入卡密码→选取款功能→选取款金额数→柜员机吐钞，当场清点现金→取款，输入提取金额，确认→按退出键，取回银行卡

4. 结合本章的学习内容，简要回答下列问题。

（1）工作流程有哪些作用？试举例说明。

（2）请举例说明工艺流程与工作流程的异同点。

（3）总结写出你最近参加的某个物理或化学实验流程。你认为该流程是否有优化的可能。

5. 电子商务的发展经历了几个阶段，网络购物的流程经历了下面3个过程：

（1）买家选择商品 → 买家付款 → 卖家发货 → 买家收货

（2）买家选择商品 → 卖家发货 → 买家收货 → 买家付款

（3）买家选择商品 → 买家付款到第三担保方 → 卖家发货 → 买家确认收货 → 第三担保方付款给卖家

试分析这3个网络购物流程各有什么优缺点。

6. 在下列所列项目中，选择2~3项进行流程的设计。

①设计学校运动会开幕式的流程。②设计制作石膏塑像的工艺流程。③设计组织一次学校篮球比赛的流程。④写出求解一元二次方程的程序流程图。⑤设计水稻种植流程。⑥设计小麦种植流程。⑦设计制作台灯的流程。⑧设计信函自动分拣系统的流程。⑨了解并写出申办居民身份证的流程。

第三章　系统与设计

在我们的周围，从自然到社会，无不存在着系统。掌握系统分析的科学方法，能够帮助我们把握事物内部的客观规律，从而提高分析和处理问题的能力。

本章我们从身边的系统入手，通过分析、理解系统的含义及基本特性，初步掌握系统分析的基本方法，分析影响系统优化的相关因素，以系统分析的基本方法指导简单的系统设计，提高系统的有序性和整体运行效果，使设计获得整体的最佳效益。

学习目标

- 理解系统的含义及基本特性
- 初步掌握系统分析的基本方法
- 了解系统优化的意义及影响系统优化的因素
- 掌握简单系统设计的基本方法

第一节　认 识 系 统

一、系统是普遍存在的

系统（system）对于我们来说并不陌生，在日常生活和生产活动中，我们经常都会接触和应用到系统。以下列举的就是我们身边的系统（图3–1至图3–5）。

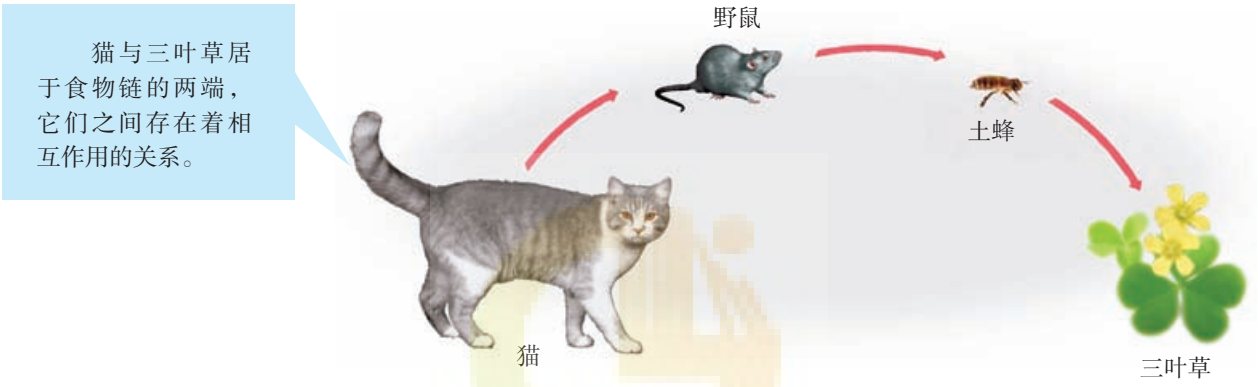


图3–1　食物链系统

图3–2　汽车

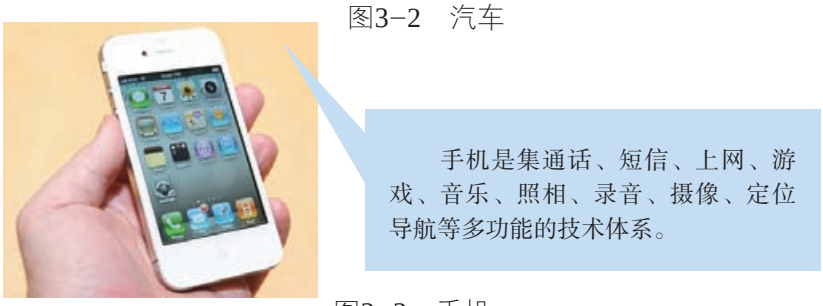


图3–3　手机

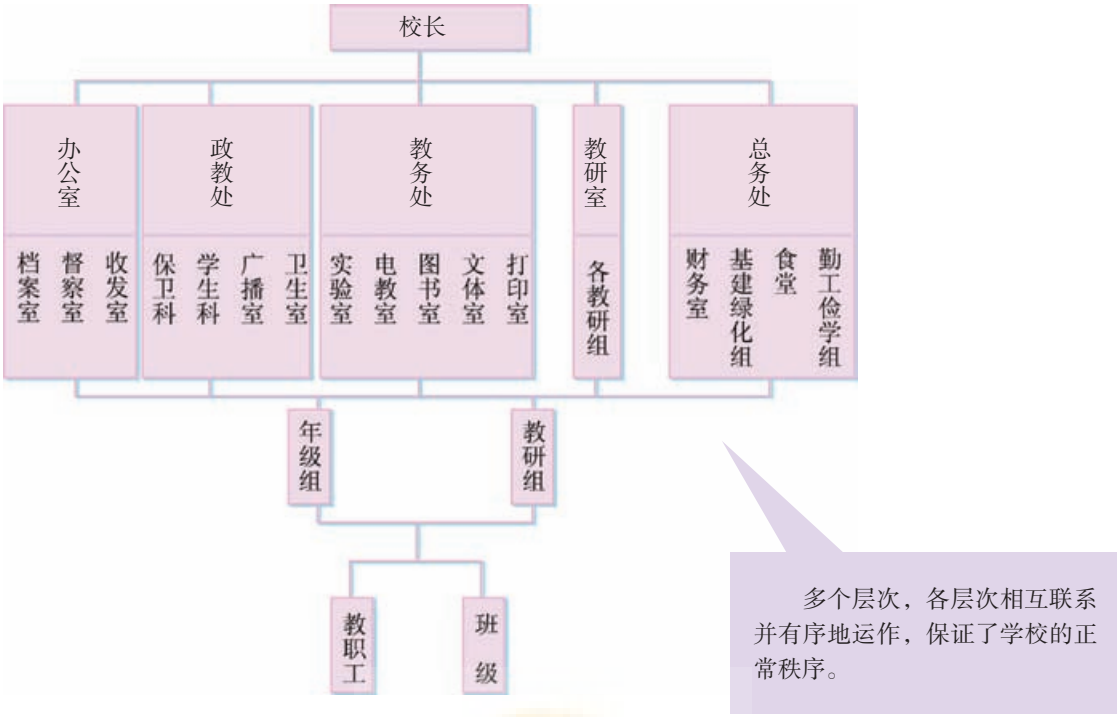


图3–4　学校行政管理系统

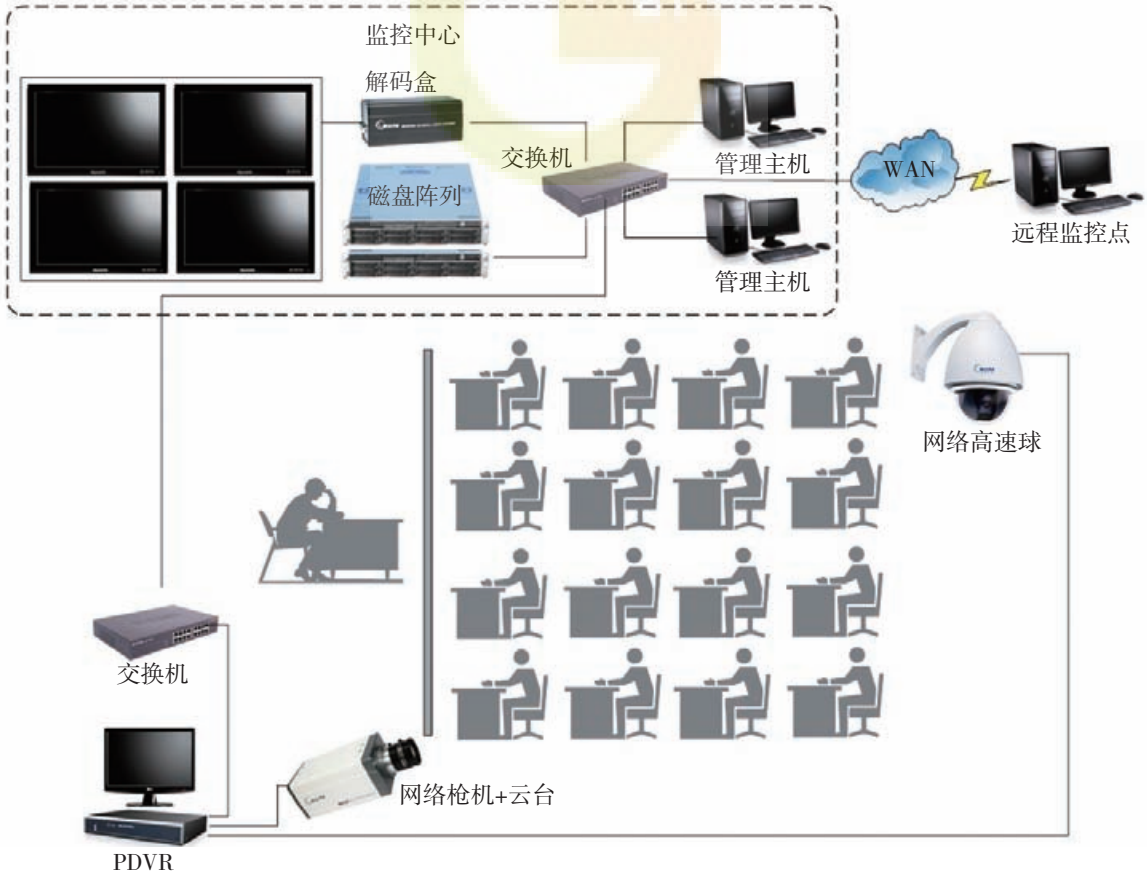


图3–5　考场监控系统

在宇宙中还有一些浩瀚、复杂、细微、抽象的系统（图3–5至图3–7）。

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

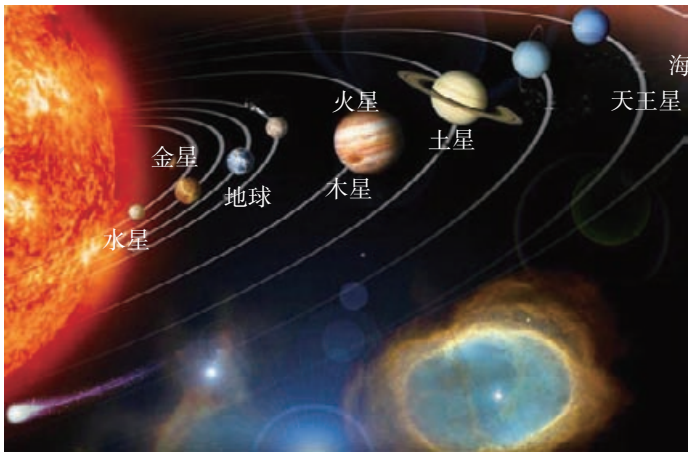
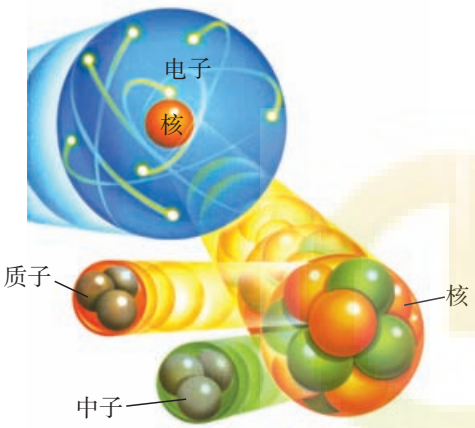


图3–6　太阳系



原子由原子核和核外的电子组成，原子核又由质子和中子组成。

图3–7　原子结构模型

我国进行首次载人航天飞行的“神舟”五号飞船由“三舱一段”（返回舱、轨道舱、推进舱和附加段）、13个分系统组成。

图3–8　“神舟”五号载人航天飞船

可以说，系统无处不在，无时不有，任何事物都处在一定的系统中。

二、什么是系统

什么是系统？我们可以试着把人体作为一个系统去分析、理解。人体存在着无限的神奇和奥秘。到目前为止，人类对自身的探索还处在粗浅阶段。

讨论与分析

1. 人体有哪些器官（组成部分）？
2. 人体的器官（组成部分）各有什么功能？
3. 讨论以下的问题，探究人体的各个器官（组成部分）是怎样通过相互联系和相互作用而共同完成机体的功能的。

（1）人跑步的时候只是四肢在运动吗？

（2）为什么不要一边吃饭一边看书？

（3）若人的大脑死亡，人的生命就结束。

上述的讨论可以归纳为：

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

（一）系统与子系统

系统有大有小，有简单有复杂。任何系统都是它所从属的更大范围更高一级系统的子系统。人体的神经系统、消化系统、呼吸系统、分泌系统等就是组成人体这个复杂系统的较小的系统，即子系统。子系统又可以层层分解，如人体的呼吸系统可以分解为呼吸道和肺两个子系统。呼吸道又可以再分解出鼻、咽、喉、气管、支气管等，如图3-9所示。子系统各具功能，它们之间又相互依赖和相互作用，共同完成系统的整体功能。呼吸道具有传送空气的功能；肺具有执行气体交换的功能，即对血液里和肺泡内的空气（主要是氧气和二氧化碳）进行交换。肺和呼吸道两个子系统相互配合，实现呼吸系统为人体提供氧气，从人体排出二氧化碳等废气的功能。

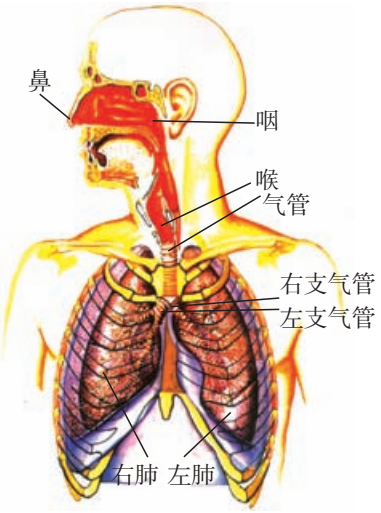


图3-9　人体呼吸系统

（二）子系统与元素

在人体这个系统中，如果我们把心、肝、脾、肾、眼、耳、口、鼻等看成人体分解的最后层次或基本单元，那么，这些器官就是构成人体的元素。元素与系统的概念是相对而言的。例如“人”相对于“社会”这一系统，就是不可再划分的最小单元，即构成社会的元素；而相对于“生物界”这个系统来说，人体就是一个复杂的系统，可以层层分解为小系统以及器官、组织、细胞等子系统。由此可见，所谓元素的不可再分性，也是相对于它所属的系统来说的。

（三）系统的分类

根据不同的标准，从不同的角度，系统可以划分为不同的类型。按照系统组成元素的性质，可分为自然系统、人工系统和复合系统。自然系统就是由天然物自然形成的系统；人工系统是指为达到某种目的而人为建立起来的系统；自然系统和人工系统相结合的系统叫作复合系统。按照系统组成元素存在的形态，可分为实体系统和概念系统。由物质实体元素构成的系统叫作实体系统；由概念、原理、原则、理论、方法等非物质实体元素构成的系统叫作概念系统。按照系统的运动状态，可分为动态系统和静态系统。系统的状态随着时间的变化而变化的就是动态系统，否则就是静态系统。从系统与外部环境的关系来看，可分为开放系统和封闭系统。不断与外界环境进行物质、能量和信息交换的是开放系统；不受周围环境影响的系统称为封闭系统。根据不同的标准，还可以划分不同类型的系统。

本节练习题

1. 分析表3-1中的事物，理解什么叫系统。

表3-1　系统与元素

事物	组成元素	元素之间的联系
闹钟		
自行车打气筒		
高中一年级课程表		
一种食物链		

2. 课室里桌椅的摆放是一个系统吗？为什么？根据系统的含义，说说怎样才算是一个系统。

3. 说说我们的身边，例如学校、课室里面存在哪些系统，它们由哪些部分组成。

4. 按照系统的不同分类标准，如图3-10所示的闹钟分别属于哪些类型？你能列举出更多的不同类型的系统实例吗？

5. 调查你家附近公路或铁路的交通系统，并画出系统结构的框图。

6. 查阅“神舟”五号载人航天飞船系统的资料，并画出系统结构的框图。

图3-10

第二节　系统的分析

一、系统的基本特性

通过上一节对人体的讨论，我们对系统有了初步的认识，在这基础上，我们以自行车为对象，进一步探究系统的基本特性。

图3–11　现代的自行车

自行车（图3–11）是大家熟悉的交通工具，它由车架、车把、鞍座、前叉、脚蹬、链轮等部件组成。自行车系统可分为多个子系统，子系统又由许多元素构成。自行车系统无论大小，都可以分解为一系列的子系统和元素，它们之间相互联系、相互作用，共同承担载人代步的功能。

（一）系统具有整体性

整体性是系统最基本的属性。

讨论与分析

1. 如果我们骑的自行车缺少了以下的零部件，将会出现怎样的情况？

（1）车架。

（2）中轴。

（3）刹车闸。

（4）前叉。

2. 从自行车功能的角度来讨论以下的问题（表3–2）。

表3–2　自行车系统的功能

子系统	功能
导向子系统	
驱动子系统	
传动子系统	
刹车子系统	

各子系统怎样相互配合，自行车才能实现以车代步的功能？

系统的组分（元素）是构成系统整体的前提和基础，没有部分就没有整体，但系统的整体功能是各组分（元素）在孤立状态下所没有的。

3. 一辆新购买的自行车，往往经过一段时间的使用（磨合和调整），骑起来感觉会好很多，为什么？

4. 骑自行车的时候会出现链条运行不顺或者链条脱落的情况，请分析：

（1）为什么会出现上述的情况？

（2）怎样排除这些故障？

◎提示

考虑链轮、飞轮、链条和链套的定位和连接。

系统不是各个组分（元素）的简单相加，系统内部的协调和配合状况直接影响系统整体功能的实现。

自行车各零部件相互配合（如图3–12所示），才能实现以车代步的功能。如果我们骑的自行车掉了链条，或是缺少了脚蹬、刹车闸、前叉、小齿轮（俗称飞轮）等任意一个零部件，都无法正常使用。

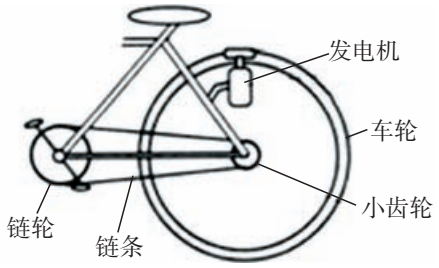


图3–12　自行车各零件的配合

知识的运用

试用系统整体性的思想，对以下现象进行分析：

1. 中国女排在夺取“五连冠”以后，国际排球联合会以古巴、美国、日本、苏联等国家女排中的最强队员，组成国际明星队与中国女排较量。在北京、上海举行的两场比赛中，国际明星队均被中国女排打败。本来，从单个运动员的情况看，国际明星队队员的实际水平都有可能超过中国女排成员，但中国女排却战胜了世界强手组成的明星队，其奥秘何在？

2. 一个和尚挑水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃。

（二）系统具有目的性

讨论与分析

查阅有关资料，了解自行车发明和演变的历史，讨论以下的问题：

1. 自行车是怎样发明的？
2. 在不断改进的过程中，人们对自行车的性能指标要求有了怎样的变化？
3. 在平坦路、上坡路、下坡路上骑自行车，你是如何控制车速的？为什么？

系统都是以实现某种功能为目的的，这正是区别不同系统的标志。

系统的目的一般通过更具体的目标来体现，系统的多个目标有时不完全一致，甚至互相矛盾，这就需要协调，寻求平衡或折中的办法，从而收到整体最佳的效果。

知识的运用

1. 汽车车速过快或过慢都会格外耗油，两者之间有个最适当的速度，即所谓巡航速度（又叫经济速度）最省油。如某种型号（1.5 L）小轿车的巡航速度为90 km/h，耗油量为5.1 L/100 km；另一型号1.8 L小车的巡航速度为80 km/h，耗油量为5.8 L/100 km。你能应用系统的目的性去解释其中的道理吗？

2. 请再列举出你知道的系统以及其目的性。

（三）系统具有相关性

设计与实践

早期的自行车，其脚蹬通过曲柄直接连接在前轮上（图3–13），脚蹬每踩一圈，则带动前轮转一圈，这样，前轮的周长就是车子向前移动的距离。所以前轮愈大，脚蹬每踩一

圈车子所走的距离就愈远。但前轮的直径会受到人腿长度的限制。

图3–13　早期的自行车

现代自行车是通过链条传动方式传递动力的。踩踏脚蹬使链轮转动，通过链条带动飞轮和后轮转动，使自行车前进。

现代自行车前进的距离不仅与后轮的直径有关，还与构成自行车的什么元素有关？请同学们通过以下的实验去探究：

1. 仔细观察自己或其他同学的变速自行车的传动系统，计算它的传动比（表3–3）。

$$传动比\ I = \frac{链轮齿数 N_1}{飞轮齿数 N_2}$$

表3–3　自行车的传动比

链轮齿数N_1 / 传动比I / 飞轮齿数N_2				

2. 观察变速车的齿轮传动比发生变化时，自行车的运行距离有什么变化。

（1）自行车处于最低速挡时，一人扶着自行车，另一人用手缓慢地摇动脚蹬一圈，记下自行车前进的距离，如图3–14所示。

（a）　　（b）

图3–14　观察传动比变化和运行距离

（2）分别选择中速、最高速挡，重复以上的步骤（表3–4）。

表3–4　实验记录

挡位	最低速挡	中速挡	最高速挡
自行车前进距离/m			

系统内各组分（元素）之间存在着相互依赖和相互制约的特定关系，某一个组分（元素）的变化，会影响其他组分（元素）实现其功能。

（四）系统具有环境适应性

讨论与分析

1. 自行车为什么要更新换代？变速自行车、山地自行车是怎样出现的？
2. 有的自行车在脚蹬、鞍座、挡泥板或车尾架装上反光片，作用是什么？

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

知识的运用

雷鸟是一种寒带鸟类。它的栖息地一般地势平坦，又因严寒而缺乏植被，所以雷鸟没有天然隐蔽场所。在冬季和夏季之前，它完全更换新羽。冬天，雷鸟除中央一对尾羽黑色外，全身雪白，与大地的银装一致。夏天大地披上了绿装，它又换成了黑褐色带棕黄色斑纹的羽毛（图3–15）。为什么雷鸟在冬季和夏季之前完全更换新羽？

图3–15　雷鸟

（五）系统具有层次性

在探讨系统的整体性的时候，同学们分析了自行车的子系统。以下请大家对自行车子系统作进一步的分解。

表3-5　部件自行车系统的分解

子系统	部件	零件（元素）
导向子系统	前轮	车轮、辐条、前轴
	车把	
	前叉	
驱动子系统		
传动子系统		
刹车子系统		

系统无论大小，都可以分解为一系列的子系统，并存在一定的层次结构。系统各个层次具有独自的功能，它们通过相互联系、相互作用，从而共同完成系统的整体功能。

二、系统分析的基本方法

（一）系统的思想

通过前面的学习，我们知道，掌握系统的特性可以帮助我们全面、深入地认识事物，掌握事物发展的规律，从而提高分析处理问题的能力和工作效率。系统的特性归纳了我们分析、解决问题应遵循的基本原则，构成了系统的基本思想。

讨论与分析

德国大数学家高斯在小学读书的时候，老师在课堂上出了一道数学题：求1+2+3+4+…+100=？在老师抄完题后不久，高斯就算出了答案：“其和是5 050。”为什么高斯这么快算出答案呢？原来，他看到题目后并没有立即动手按照习惯的方法逐个相加，而是考虑还有没有更简捷的方法。经过思考分析后，他发现100个数可以分成50对，每一对数字之和都是101，即1+100=101，2+99=101，3+98=101，…，50+51=101，于是很快算出其和是101×50=5 050。高斯解题体现了系统方法整体性、综合性、最优化的基本特点。

试说说高斯解题是怎样运用系统的基本思想的。

（二）系统分析的基本方法

系统分析是系统思想与分析方法的结合。系统分析所研究的对象各种各样，不可能套

用一种不变的模式，但是都有基本的步骤和原则。以下通过事例，帮助大家了解系统分析的基本方法。

例

设计制造人力飞机

鸟儿在天空自由自在地飞翔，引起人们美好的幻想。他们希望人也能像鸟儿一样展翅高飞。于是人们模仿鸟类进行了“飞天”的尝试，但不管是在人的身体上装上“翅膀”，或者以人力驱动的扑翼飞机（图3–16），结果都以失败而告终。

图3–16　15世纪达·芬奇设计的扑翼飞机

人们吸取了教训，综合研究了鸟儿飞翔的条件。鸟类的骨骼密度特别小，而且它们除了有一对可拍动的翅膀之外，还有一个非常适合飞行的体形，飞行时阻力很小。于是人们就把研究集中到飞机的质量、飞机的结构上。一些设计师采用了新型的材料，并努力改善飞机的结构形式，但“飞机”还是飞不起来。

海斯勒（Hassler）和维林吉尔（Villinger）这两位德国人，在别人对人力飞机进行分析的基础上，进一步采用了定量分析和定性分析相结合的方法，成功地设计制造了“自行车式”的人力飞机（图3–17）。他们抓住了人力飞机是依靠人做动力的关键，进行了分析计算。他们知道，一个强健的运动员连续做功的功率只能达到250 W左右，同时他们还知道：

$$P=k_1v^3$$

$$S=\frac{k_2}{v^2}$$

P——功率；
k_1、k_2——比例系数；
v——飞机的速度；
S——机翼的面积。

由此得出如下的结论：飞机的速度应很慢，机翼面积应很大；由于飞行速度慢，即使飞机的结构稍大，也不会增加太大的阻力。于是他们参考了自行车车轮的构造原理，利用中央垂直管和牵引钢丝组成的机翼支撑结构，使面积很大的机翼并不太重。此外，他们还对飞机设计进行了许多细节的改进。1936年，他们的飞机飞到离地面5 m的高度，航行了450 m，空中飞行时间达到20 s，终于实现了依靠人力“飞天”的梦想。

之后，人们对人力飞机不断地加以改进（图3–18）。美国人麦克格里迪设计、制造的“蝉翼信天翁号”，机翼长达30 m，用塑料制造。为了加强飞机的安全可靠性，机翼用碳纤维加固，再添上一层超薄的聚酯膜。这架飞机整机质量小，净重约25 kg。1979年自行车运动员艾伦驾驶“蝉翼信天翁号”飞越英吉利海峡，飞行时间170 min，航程37 km。

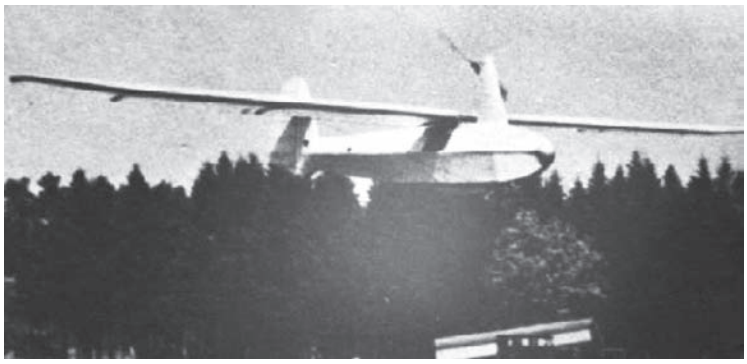


图3–17　海斯勒、维林吉尔设计制造的“自行车式”人力飞机

以上事例告诉我们，人们设计人力飞机至少做过几种设想。

◆ 设想1

对系统结构组成的分析仅局限在会拍动的机翼方面，而未考虑系统的其他结构组成，更未考察分析系统运行时的约束条件，如地球对系统的吸引力（包括人和机翼的质量）、系统向上的升力等。所以，尽管飞机有了像鸟一样的翅膀，但人并不具有像鸟一样发达的胸骨和胸肌，可以产生足够的升力，使人插上翅膀就能飞起来。

图3–18　现代的人力飞机

◆ 设想2

比设想1有了进步。对飞机的组成结构及外部约束条件（空气阻力）都进行了定性分析，但仍未能定量分析与协调飞机结构（机翼面积）和飞机升力之间的关系，结果飞机还是飞不起来。

◆ 设想3

采用定性和定量相结合的方法，通过分析、计算，着重解决飞机的动力（人做功）与飞机速度、机翼大小的匹配关系，结果飞机可以飞起来。

◆ 设想4

在飞机飞起来的基础上，进一步提出改进方案，使系统整体运行达到更理想的效果。

人力飞机设计制造的过程中，实际上运用了系统分析的基本方法。由此，我们可以这样理解:

> 运用系统的思想和定性定量相结合的方法对系统进行分析，就是系统分析的基本方法。

系统分析的基本方法一般包括几个步骤，如图3–19所示。

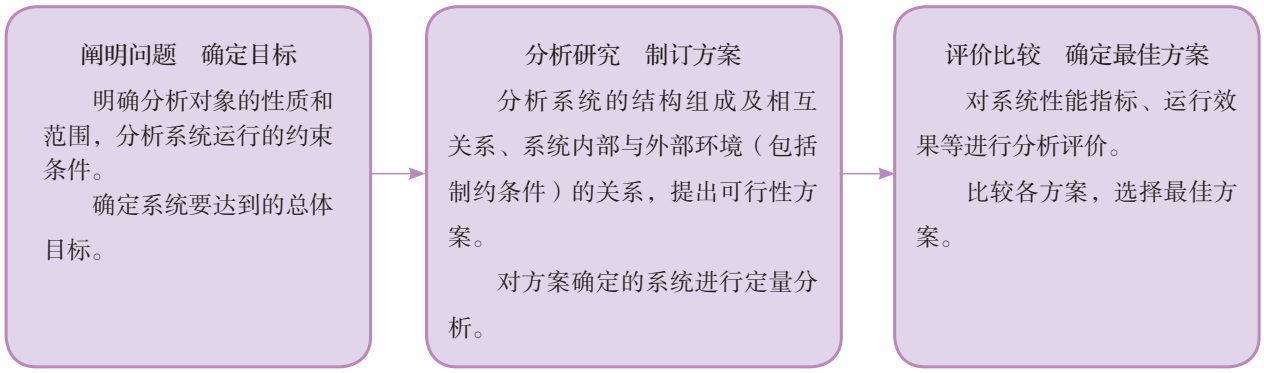


图3-19　系统分析基本方法的主要步骤

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

讨论与分析

试通过人力飞机设计的事例，分析讨论其是如何体现系统分析的基本原则的。

表3-6　系统分析的基本原则

讨论问题	系统分析的基本原则
飞机的设计为什么要考虑其外形和质量？	内部组成条件与外部条件相结合
设想1、设想2失败的主要原因是什么？	局部与整体相结合
如果不抓住人做功的关键问题进行定量分析，人力飞机能飞起来吗？	定性分析与定量分析相结合
碳纤维和聚酯膜都是成本很高的材料，为什么麦克格里迪要选用它们来加固机翼？	当前目标与长远目标相结合

知识的运用

宋朝大中祥符年间，京城发生一场大火，皇宫被烧成一片废墟。火灾后，真宗皇帝命丁谓主持修复皇宫工程。丁谓首先下令在皇宫前大街挖沟取土烧砖，没几天大街就成了一条宽大的水渠。接着，他又下令将汴水引入水渠，用竹筏和船把建筑材料运至宫门。皇宫修复完毕，水渠排水后，又把瓦砾灰土填入其中，复为大街。结果，不仅节省了大量资金，而且大大加快了工程进度。假如丁谓不是采取上述方案，而是先往城外运瓦砾灰土，再从城外取土制瓦烧砖，又从汴水经陆路运输建筑材料，那工程必旷日持久，耗费资金。丁谓把取土烧砖、运材、回填三者看成一个整体中的相关部分，并加以协调处理，从而找到获得最佳效果的方案。丁谓修复皇宫的方案，是我国古代运用系统思想和方法的著名范例。

根据图3-19系统分析基本方法的主要步骤，你能画出丁谓修复皇宫的流程框图吗？

知识窗

系统科学来源于人类长期的社会实践，它的发展大致分为3个阶段。

人类对系统的认识可以追溯到古代。人们早就在哲学、科学、军事、工程、天文历法等领域中，广泛进行系统的实践和系统的思维。在我国，闻名于世的儒家经典《周易》所描述的八卦，春秋末期大军事家孙武所著的《孙子兵法》，战国期间修筑的长城，还有成书于春秋战国时期的医学典籍《黄帝内经》等，无不闪烁着朴素的系统思想的光辉。在古希腊，德谟克利特（Dēmocritos）最早提出和使用了“系统”一词。伟大哲学家、科学家亚里士多德（Aristotelēs）提出了“整体大于它的各部分的总和”的观点。古代朴素的系统思想强调对自然界整体性、统一性的认识，但由于历史条件的局限，这种认识仍然是表面的、不完全的。

15世纪下半叶，由于近代科学的兴起，力学、天文学、物理学、化学以及生物学等学科逐渐从混为一体的哲学中分离出来，产生了研究自然界的独特的分析方法，即实验、解剖与观察等，把自然界的细节从总的自然联系中抽出来，分门别类地、深入地加以研究。这种方法对当时自然科学的发展起到了积极的促进作用，但与此同时，也形成了形而上学的思维方法，即撇开了事物的总体联系，只看到一些局部现象，而不能纵观全局。

20世纪40年代，现代系统科学理论通过两条线索建立起来。一条线索是美籍奥地利生物学家贝塔朗菲（von Bertalanffy）从生物学的角度，创立了一般系统论。一般系统论是运用逻辑和数学的方法，考察整体和各组分的属性、功能以及它们之间的相互制约关系，并采用最优化方法，协调部分和整体的关系，求得系统的最佳结果。一般系统论确立了不仅适用于生物领域，而且适合于其他学科的一般系统的原则和规律。但一般系统论阐述定量的结果较少。另一条线索是系统分析和系统工程方法的提出。它们是适应生产规模不断扩大、生产技术和管理模式日趋复杂的情况而产生的。最著名的是美国德兰公司倡导的系统分析方法。该方法以大量数学分析为手段，通过系统的途径，全面考察决策面临的问题，提出不同的目标和解决方案，供决策者选择，成为系统工程学的发端。20世纪60年代，美国的科学家霍尔（A. D. Hall）使系统工程形成比较完整的学科体系。1969年阿波罗登月计划成功，被公认为系统工程实践成功的典型例证，从而引起人们对系统工程的广泛关注，反过来引导人们从方法论方面对系统工程作更深入的理论总结。由此，系统论发展的两条线索就走到一起来了。

本节练习题

1. 试用系统整体性思想，分析以下现象：

（1）一个巧皮匠，没张好鞋样；两个笨皮匠，彼此有商量；三个臭皮匠，胜过诸葛亮。

（2）整体性并非各个要素的简单相加，例如一支球队的组合（图3–20）。结合系统的整体性说说1 + 1>2，或是1+1<2是怎么回事。

2. 阅读以下文字，根据你对系统环境适应性的理解，试分析改革开放以来，我国的产业结构和就业结构发生了怎样的变化。你认为其中的原因是什么？

改革开放以来，我国的产业结构和就业结构得到了相应的改善和调整。我国国内生产总值（GDP）从1978年的3 624.1亿元增长到2003年的117 251.9亿元。第一、第二、第三产业在国民经济中的比例由1978年的28.1∶48.2∶23.7，转变为2003年的14.6∶52.3∶33.1。劳动力在三大产业的就业结构也由1978年的70.5∶17.3∶12.2，转变为2003年的49.1∶21.6∶29.3。

图3–20　2015年亚冠决赛恒大首发阵容

3. 调查几个使用不同种类能源的家庭，用系统分析的方法比较使用不同能源的优劣。

第三节　系统的优化

一、系统优化的意义

我们在日常生活中，为了达到理想的目的，总有个优化抉择的问题。例如从家里到火车站，可以乘公共汽车或电车，也可以乘出租车。如果时间紧迫，就选择乘快捷的出租车，尽管多花了一点钱，但能按时乘上了火车。如果时间充裕的话，则可以选择乘公共汽车或电车。

在相同的条件下（从家里到达火车站），选择不同的优化目的，就有不同的优化结果。乘公共汽车的目的是省钱，但可能比较费时；而乘出租车的目的是快捷方便，但会多花钱。怎样才能做到既快捷方便，又尽量少花钱？可以考虑选择交通比较顺畅，路程比较直接的行车路线。生产实践也不例外，一个好的供水工程，总是千方百计实现投资最低、用水最省、供水最佳的目的；一个良性的农田生态系统，则是消耗最低、生产率最高的优化系统。

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

二、系统优化的实现

例1

粮食生产季节变换系统优化

我国南方一些地区，曾经盲目追求扩大粮食作物复种指数，推广种植两季水稻、一季小麦［图3-21（a）］，以为可以增加粮食的总产量，结果适得其反。由于这种做法，违反了用地养地的原则，又影响了下茬水稻的栽植时间，以致早造粮食大大减产。农民生动地形容："三三得九，不如二五得十。"人们通过不断实践摸索，认识到要实现粮食增产，除了增大复种指数外，还要考虑种植品种、时序、土壤肥耗等因素的影响。于是，冬季作物由单一的种植小麦，改为小麦与蚕豆、油菜轮作［图3-21（b）］。这样，油菜根部分泌的有机酸，能把土壤中的无效磷转变为有效磷；而蚕豆可以把空气中的游离氮固化为氮肥，其茎叶又可以作绿肥。油菜和蚕豆的生长期都比较短，不误下茬水稻的农时。这样的农事季节布局、轮作安排合理，优化了农田作物品种结构，协调了农业生态系统中子系统之间、子系统与整体之间的关系，有效地提高了农田生态系统中种植的有序性和土壤肥效的稳定性，保证了粮食产量，又增加经济效益。

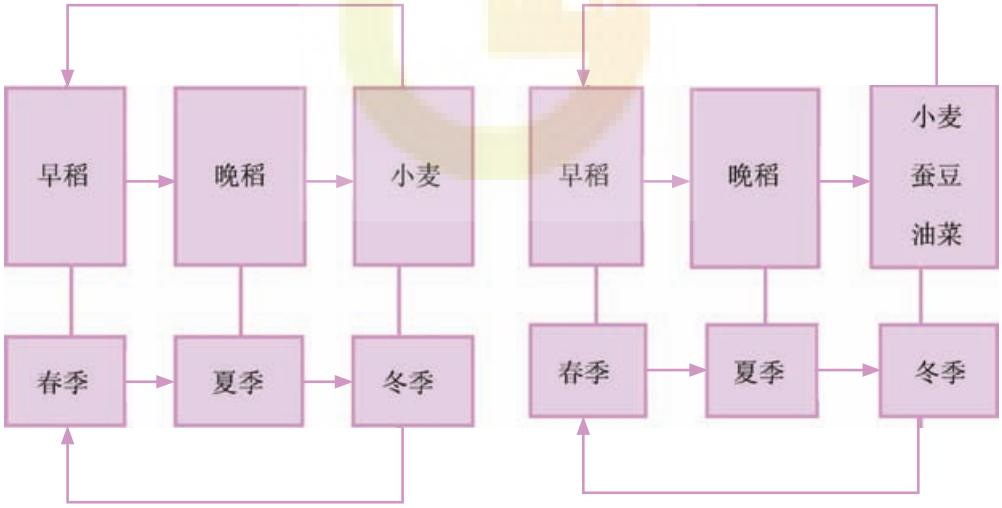


图3-21　粮食生产季节变换系统图

例2

城市交通系统优化

城市的交通系统是一个十分复杂的大系统（图3-22），《技术与设计1》是从发散思维的角度来分析这个问题的。从系统分析的角度来看，城市交通系统的各个子系统的调整以及子系统之间的协调，都会影响整个大系统的运行。某市为了改善交通状况，新购了200台公共汽车，结果使本来已经非常繁忙的交通道路更加拥挤，出现了更多的交通堵塞

现象。后来交通管理部门请来了专家，对全市的交通道路及车辆流向等方面进行了全面分析，具体提出了以下整改措施:

图3–22　城市交通系统示意图

1. 新建外环路，调整内环路进出口。内环路增加10个进出口，调整6个进出口，使之更加合理。

2. 新开28条公共汽车（简称公交车）线路，延长30条公交车线路，使上下班职工减少换乘公共汽车的次数。

3. 在交通导向方面，56处作了调整。例如在市中心，把相隔不远的石东路和石西路由双向行车调整为单向行车，两路之间构成了环岛流向，使主干道北京路和中山大道的车流更为顺畅（图3–23）。

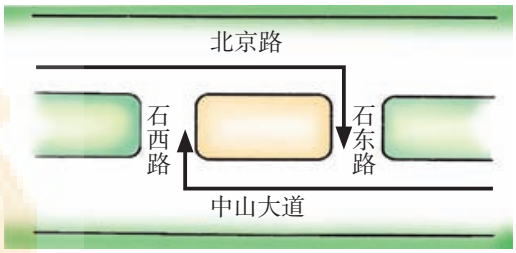


图3–23　调整后构成大环岛交通

4. 错开职工上、下班时间。一部分工厂职工7: 30上班，另一部分分别为8: 00、8: 30上班，以减少同一时间的人流量，有效缓解了交通高峰期的压力。

5. 在全市大部分主要路口加装了电子监视录像装置，并在不太复杂的交通路口设置红绿灯定时转换装置，腾出人力加强复杂路段及火车站、汽车站的交通安全管理。

该城市落实了以上措施后，全市交通堵塞的情况得到了有效的缓解。

讨论与分析

1. 你认为例2的交通系统还可以从哪些方面加以整改，使之实现更佳的效果？例如，交通系统的优化还包括了隔音墙的设置（图3–24）。说说隔音墙系统的组成要素，并从降噪、环境、安全等多方面分析它是如何优化交通系统的。

图3–24　隔音墙

2. 分析以上两个案例，理解系统优化的意义及影响系统优化的因素。

（1）两个案例使系统获得更佳效果的共同思路是什么？

（2）为什么只考虑扩大粮食作物复种指数未能取得粮食增产增收的效果？为什么增购了公共汽车后，反而出现了交通更堵塞的情况？

（3）科学的农事季节布局能实现粮食增产增收，改善交通状况的综合措施能有效缓解全市交通堵塞的状况，关键是什么？

通过以上的讨论与分析，我们可以归纳出实现系统优化的基本原则：

1．系统的优化不仅要实现系统中每个元素和子系统的优化，还要达到系统整体的优化，强调提高系统的整体效益或功能。

2．系统优化的过程中，受一定的条件影响和约束会造成系统与环境、系统组分之间的矛盾冲突，只有合理解决这些矛盾冲突，才能实现系统的优化。

3．必须注意系统各组分之间、组分与整体之间的连接状况，加强协调，才能提高系统的有序性和整体的运行效果。

4．系统的优化是一个不断验证、完善的过程。

知识的运用

课程表的优化

以下是高中一年级两个班的课程表（表3–7、表3–8）：

表3–7　高一（1）班课程表

节次	星期				
	一	二	三	四	五
1	英语	语文	数学	政治	英语
2	地理	数学	物理	语文	体育
3	数学	物理	语文	英语	化学
4	语文	历史	化学	物理	自习
5	政治	体育	英语	地理	数学
6	音乐	化学	地理	数学	语文
7	物理	英语	数学	计算机	历史
8	班会	自习	课外活动	（单）数学 （双）物理	团活动
9	清洁	体育课外	课外活动	体育活动	

表3–8　高一（2）班课程表

节次	星期				
	一	二	三	四	五
1	数学	化学	体育	政治	语文
2	语文	化学	物理	英语	英语
3	英语	物理	英语	物理	自习
4	政治	数学	语文	地理	数学
5	地理	化学	数学	语文	体育
6	物理	历史	数学	计算机	历史
7	音乐	英语	地理	数学	语文
8	班会	自习	课外活动	（单）物理 （双）数学	团活动
9	清洁	体育课外	课外活动	体育活动	

试根据系统优化的基本要求，重新调整编排，使之更为合理。约束条件：两个班的课程由同一批老师任教，使用相同的实验室。

（1）原来的课程表有什么不合理的地方？

（2）怎样避免课程表编排的矛盾冲突？

（3）结合系统优化的基本要求，试对你班级现有课程表提出调整意见，并说明你的理由。

参观与调查

1. 调查本校（或社区）供电、供水、供气有什么不合理的地方，试提出改进意见。

2. 分组活动，每3～5位同学为一组，选择以上一项内容开展调查研究，写出调查报告。调查报告应包括对本校（或社区）供电、供水、供气（其中一项）情况进行简单的系统分析，从系统优化的角度提出改进意见及依据。同学们可自行设计调查报告表。

3. 在班上展示与交流。

拓展与应用

系统的优化在未能建立优化目标与影响因素的数学关系的情况下，无法得出量化的目标值，只能通过定性的分析或估计寻求较为满意的结果。而系统的最优化通常是解决在一定约束条件下，寻求系统的优化目标（目标函数）达到极大值或极小值的问题，这往往需要通过建立数学模型去解决。

例

用一块铁皮做一个带盖的方盒，方盒的体积V=1 000 cm^3，应当怎样裁剪（也就是剪成方盒的长、宽、高各等于多少）才使所用铁皮材料最少？

1. 建立这个问题的数学模型。

设用铁皮做成的方盒长、宽、高分别为x、y和z，如图3−25所示。那么，方盒的体积：

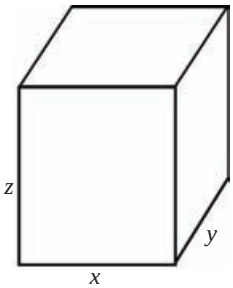


图3−25　方盒

$$V = xyz$$

而需用铁皮的大小A（即方盒的表面积，包括盖子的面积）等于：

$$A = 2(xy + yz + zx)$$

A的大小要随x、y和z的数值而变化。

在以上的数学模型中，A叫作目标函数，即要求所用铁皮达到最小值；而V是已确定的方盒容积（1 000 cm^3），是限制铁皮大小的条件，叫作约束条件。

2. 求解方程，也就是要算出3个变量x、y和z的大小。

由约束条件$V=xyz$，得到$z=\frac{V}{xy}$，把它代入A的表达式中，就可以减少一个变量：

$$A=2\left(xy+\frac{V}{x}+\frac{V}{y}\right)$$

括号中的3项的乘积是一个常数：

$$xy\left(\frac{V}{x}\right)\left(\frac{V}{y}\right)=V\cdot V$$

而且xy、$\frac{V}{x}$和$\frac{V}{y}$都是正数。已知几个正数的乘积是常数，只有当这几个正数相等时，即：

$$xy=\frac{V}{x}=\frac{V}{y}$$

也就是$x=y=\sqrt[3]{V}=\sqrt[3]{1\ 000}=10$ cm的时候，这3个数之和最小，即$\left(xy+\frac{V}{x}+\frac{V}{y}\right)$最小。这样，表面积$A=2\left(xy+\frac{V}{x}+\frac{V}{y}\right)=600\ \text{cm}^2$最小，也就是铁皮材料最省。

以上这个例子只有长、宽、高3个变量，比较简单。而往往所研究的系统包含的可变量要多得多，它们相互间的关系也复杂得多，这就需要运用比较高深的数学工具。

本节练习题

1. 如图3–26所示校园植物丰富多样，有草地、灌木、乔木、花卉等。向生物老师了解并分析自己学校绿化系统的植物套种情况，结合系统优化的知识，说说这样做的意义。

2. 学生用餐系统的优化。

学校的食堂一到午饭时间，大家就要排着长队等候（图3–27）。如何减少学生就餐排队时间？如何提供更好的环境和服务？结合系统优化思想以及学校实际情况，从教学时间安排、饭堂布局环境、饭菜品种、餐饮服务等各方面进行综合分析，提出最佳的解决方案。

图3–26　校园绿化系统的植物套种

图3–27　学校食堂

第四节　系统设计的基本方法

第三节所举某市交通整改的例子，是在对全市交通状况进行系统分析的基础上，提出一个有效缓解全市交通拥挤状况的方案，这个整改方案的设计过程，其实就是一个系统设计的过程。

系统设计除了遵循技术设计的一般过程、原则和标准（见《技术与设计1》）外，还特别强调：

1. 以实现系统整体效果最优为目的。
2. 设计好系统的每个元素和子系统。
3. 综合考虑系统各个元素和子系统之间的联系，合理解决它们之间的矛盾冲突。

以下通过编制田径运动会决赛日程表和水火箭设计两个实例，进一步学习简单系统设计的基本方法。

例1

田径运动会决赛日程表的编制

学校决定在10月中旬举行田径运动会，高一（2）班的几位同学跃跃欲试，要协助体育老师编制运动会决赛日程表。

（一）明确系统设计的目的要求

首先，他们征询了校运会组委会和老师的意见，明确了编制运动会决赛日程表的目的和要求，即通过合理的决赛程序安排，保证运动会安全、有条不紊地顺利进行；还要营造热烈气氛，以利于运动员发挥技术和创造成绩。所有决赛项目要求在两天半时间内完成。

（二）调查研究

接着，同学们开始调查研究，收集资料。他们查阅了学校前几届运动会的赛事安排资料，了解了田径决赛的基本规则，还察看了学校的运动场地和体育器材，进行了基本的设计分析。

1. 运动会可利用的场地：一个400 m的环形跑道，跑道附近有一个投掷场、两个沙池。
2. 决赛项目：径赛8项，田赛4项。
3. 运动员容易出现兼项的项目：跑步100 m和200 m，200 m和400 m，400 m和800 m，800 m和1 500 m；100 m跨栏和跳远；跳远和三级跳远。

（三）主要设计过程

在体育老师的指导下，同学们开始动手设计决赛日程表。

1. 根据决赛项目和运动员人数进行分组。

径赛8项

60 m（共116人，分6个大组，22个小组）

100 m（以下分组略）

200 m

400 m

800 m

1 500 m

100 m跨栏

4 × 100 m接力

田赛4项

铅球（共144人，10个大组）

三级跳远（以下分组略）

跳远

跳高

2. 根据竞赛项目分组安排，估算各项竞赛所需要的时间，用卡纸制作牌子，写上决赛的项目、人数、组数和所需时间（样式如图3–28，用不同的颜色表示男女组别）。全部牌子制作完毕，反复检查，确保整场赛事安排不漏项。

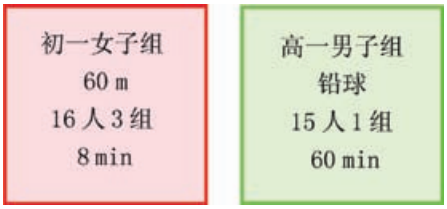


图3–28　纸牌样式

3. 分5场依次编排纸牌。在编排过程中，综合考虑整场决赛的目的要求，对项目之间、决赛场次之间的联系，尤其是解决运动员兼项及场地使用的冲突等问题，都做了认真的研究和反复的调整。

（1）先安排分组较为复杂的径赛，后安排分组简单的田赛，做到田赛和径赛基本同时结束。

（2）把相同项目不同组别的决赛衔接起来，使各项竞赛衔接紧凑。

（3）把容易出现运动员兼项的决赛项目安排在不同的单元场次，不但避免了运动员兼项冲突，而且保证兼项运动员有充分的时间休息。

（4）注意场地合理利用与布局，如第1场400 m环形跑道上60 m和100 m同时进行，附近投掷场及沙池边有田赛（图3–29），做到既避免场地使用冲突，又不出现空场，方便师生观看、助威，使场内始终保持活跃、热烈的气氛。最后安排接力赛，把运动会的气氛推向高潮。

图3–29　运动会同时开展的一些运动

决赛日程表初稿拟定后，几位同学又反复校验，发现跨栏决赛安排在第1场中段，不利于裁判员工作和场地器材布置。随即，把跨栏项目调整至第3、第4场的开始。他们把调整后的日程表贴到学校公告栏上，广泛征集师生的意见，经3次修改后，请体育教研室老

师把关，最后提交给校运会组委会审定（部分安排见表3–9）。

表3–9　赛程安排一览表　第1场：10月16日（星期四）下午

时间	项目				
	径赛		田赛		
	60 m	100 m	跳高	铅球	三级跳远
	（西跑道）	（东跑道）			
15: 00	初一女子3组16人	高一女子3组18人	高一女子17人	高一男子15人	高一男子18人
15: 10	初二女子4组22人	高二女子3组15人			
15: 20	初三女子4组20人	高三女子3组15人			
15: 30	初一男子3组16人	高一男子3组18人			
15: 40	初二男子4组22人	高二男子3组14人			
15: 50	初三男子4组20人	高三男子3组16人			
	1 500 m		跳高	铅球	三级跳远
16: 00	初一女子1组14人		高二女子14人	高二男子16人	高二男子16人
16: 10	初二女子1组22人				
16: 20	初三女子1组19人				
16: 30	初一男子1组16人				
16: 40	初二男子1组22人				
16: 50	初三男子1组20人				
	1 500 m		跳高	铅球	三级跳远
17: 00	高一女子1组16人		高三女子12人	高三男子16人	高三男子14人
17: 10	高二女子1组12人				
17: 20	高三女子1组13人				
17: 30	高一男子1组17人				
17: 40	高二男子1组16人				
17: 50	高三男子1组16人				

（第2～第5场赛事编排略）

这份决赛日程表受到校运会组委会的肯定，被采纳为校运会正式的赛程表。

例2

水火箭的设计

为了直观地了解运载火箭发射升空、回收的过程，课外科技小组的同学开展了水火箭制作活动。他们在老师的指导下，运用了物理和数学等有关方面的知识，分析了水火箭发射、飞行的基本原理，成功设计、制作并发射了水火箭。在活动中，同学们还归纳了简单系统设计的基本方法。

水火箭的设计

◆ **水火箭设计的总目标及性能指标**

设计一个利用废弃饮料瓶制作的气压式喷水推进火箭。

要求：用600 mL的饮料瓶做动力舱，竖直升高高度>5 m，射程>20 m。

◆ **调查研究，收集相关资料**

1. 水火箭飞行的外部环境调查分析。

受力状况：重力、空气动力。

天气状况：风向、风速、雨、雪等。

地理环境：发射点高度、目标点高度等。

2. 水火箭飞行的基本原理分析。

（1）根据动量守恒定律：

$$m_1\vec{v}_1+m_2\vec{v}_2=\text{恒量}$$

加压的水从箭体尾部高速喷出产生反冲推力，推动水火箭飞行。

（2）在各种力（主要是推力、重力、空气动力）的作用下，水火箭飞行速度不断变化，并形成了一定的轨迹——弹道，如图3-30所示。

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

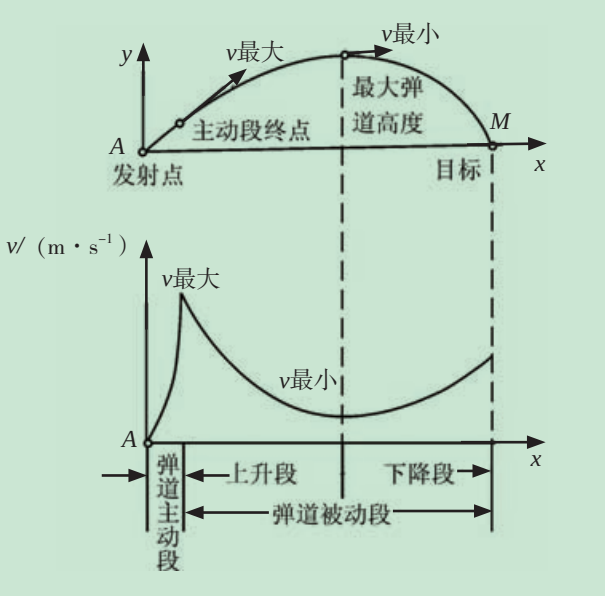


图3-30　水火箭的飞行弹道及速度变化

系统设计的基本方法

◆ **确定系统设计的总体目的要求**

◆ **基本的设计分析**

1. 系统设计的约束条件（系统设计的条件、外部环境等）。

2. 系统内部组分之间、系统与外部环境之间的相互联系及制约关系。

◆ **初步方案设计**

水火箭系统如图3–31所示。

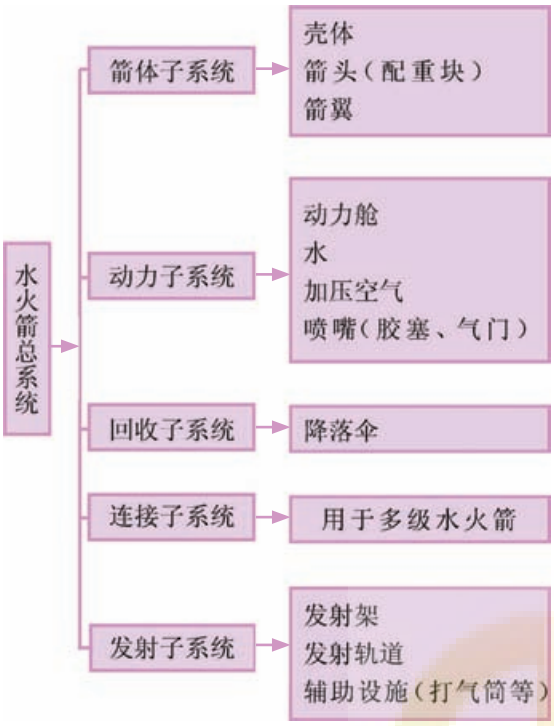


图3–31　水火箭系统

简易的水火箭见图3–32所示。

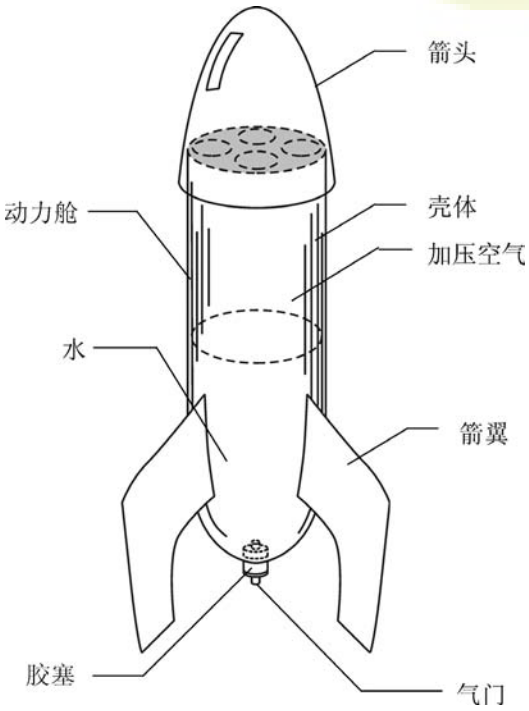


图3–32　简易水火箭

◆ **系统的设计**

1. 子系统设计及功能确定。

思考：

（1）什么形状的箭体能减少水火箭飞行时空气的阻力？

（2）箭头应设计成什么形状？为什么？

（3）箭头是否越轻越好？

（4）水火箭为什么要装上箭翼？

（5）箭翼的形状、大小怎样才合适？为什么？

2. 系统总体技术设计。

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

◆ **系统的优化**

1. 分析影响系统优化的主要因素，提高系统的整体运行效果。

2. 设计方案不断验证、完善。

◆ **系统的评价及改进**

◆ **影响水火箭飞行的主要因素分析**

1. 动力舱内气压、水量与水火箭射程及升高高度的关系。

由动量守恒定律可推导出：

$$v=-u\ln\frac{M}{M_0}$$

式中：u——水喷射的速度（相对于水火箭而言）；

v——水火箭在水刚喷射完时的速度；

M_0——水火箭在开始飞行时的质量；

M——水火箭在水刚喷射完时的质量。

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

在一定的范围内，动力舱内水量越大，水火箭获得的初动能就越大，射程就越远，飞行高度也越高。但如果水量过大，当动力舱内、外气压差降至零，喷射停止时，舱体仍残留一定的水量，会增加水火箭的质量，使水火箭的飞行因受重力的影响而提前坠落。所以，只有当水火箭动力舱内的气压与水量恰当时，水火箭才能飞得更高更远。气压和水最合适量可通过多次实验比较获得。

2. 发射仰角对射程的影响。

水火箭发射弹道与抛体运动理论密切相关。在理想的情况下，发射仰角为45°时，射程最远。但在实际发射中，必须考虑空气动力和其他因素的影响。当发射仰角太小时，水火箭向上的分力不大，爬升高度不大，由于重力影响，容易坠落，使射程缩短。而当发射仰角太大时，水火箭向上的分力虽大，但向前分力太小，致使出现“高而不远”的情况。实际上最优的发射仰角往往比45°要大，可通过多次实验获得（图3–33）。

图3–33　水火箭的发射

◆ **方案实施及改善**

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

讨论与分析

1. 对比《技术与设计1》的学习，你对设计的思想和方法有什么新的认识和收获？

2. 试从田径运动会决赛日程表的编制，理解简单系统设计的基本方法。

（1）明确设计总体目的及要求：_____。

（2）调查研究，进行基本的设计分析（包括约束条件）：_____。

（3）系统的设计：_____。

子系统的设计：_____。

系统总体技术设计（合理解决子系统之间的矛盾冲突，加强子系统之间的协调配合）：_____。

（4）系统的优化：_____。

（5）系统的评价：_____。

可见，系统设计就是把设计对象看作一个完整的系统，对系统各元素进行分析与综合，使系统内部协调一致，并使系统与环境相互协调，以获得整体目标最优的设计。

拓展与应用

都江堰工程是中国古代人民治水的智慧结晶（图3–34）。古代岷江，水源充沛，自山区转入成都平原后，由于流速骤减，既易淤塞又易泛滥。在兴建都江堰水利工程之前，岷江洪水无法控制，流域各县深受其害。战国初期，蜀人凿开玉垒山，分引岷江水流，始才排洪减灾，造福于人。公元前250年，秦国蜀郡太守李冰父子在前人治水的基础上，率领民众基本完成都江堰水利工程。

都江堰工程的特点是巧妙地利用当地地形、地势和表面地质条件，就地取用卵石、

图3–34　都江堰实景

竹、木材兴建，顺势引导水流。工程是由三大主体工程和120个附属渠堰工程组成（图3–35）。这三大主体工程：

图3–35　都江堰水利工程示意图

● 鱼嘴分水工程

在岷江江心，以竹笼装卵石，堆砌成鱼嘴状，下接金刚堤，由此而使岷江分解为内江和外江两股。内江引岷江部分水流，用以灌溉农田；外江为岷江正流，用于排泄洪水。

● 飞沙堰溢洪排沙工程

在金刚堤与离堆之间兴建飞沙堰、平水槽工程，汛期时可以让过多的洪水漫过而进入外江，以确保内江灌溉区的安全；洪水过后，它又可以拦水入内江，以保证灌溉用水。由于离堆的顶托，湍急的洪水便形成强大的回旋流，由此而掀起的大量泥沙随着外漫的江水流过堰顶排入外江，故有“飞沙堰”之称。

● 宝瓶口引水工程

凿穿玉垒山（灌县城西南处），开出一个宽20 m、高40 m、长80 m的山口，因形酷似瓶口，故取名“宝瓶口”。开凿玉垒山分离的石堆叫作离堆。在宝瓶口往下开辟走马河等分支河道，引江水流入成都平原，从而建立起一系列灌排河渠系统。

这三大主体工程不仅很好地完成各自的任务，而且巧妙配合，并同120个附属渠堰连成一个有机的整体，使整体工程很好地发挥了3个孤立部分所不能发挥的总体效应。其中“深淘滩，低作堰”的岁修（每年维修一次）原则，就是充分的体现。飞沙堰要求“低作堰”，就是为了让内江水量过大时能起溢洪作用，标准是根据春灌水量的需要确定堰的高度，这就协调解决了引水灌溉与泄水排洪的冲突。排沙问题是工程的关键。岷江每年排沙石1 300万t，约合650万m^3。而汹涌澎湃的岷江水引入平原后，水势突然变缓，如果处理不好，势必造成泥沙沉积，河道淤塞。一方面，都江堰工程通过改造河道，分水分沙。比如通过鱼嘴的分水作用，在洪汛期外江排洪量达60％，排沙量达70％～80％，有效地减轻了内江的淤积。另一方面，壅水沉沙。因为内江水流到达宝瓶口时，江面突然变小，形成壅水现象，从而产生了壅水沉沙效应。泥沙集中沉积，又便于集中淘沙。两千多年来，由于“深淘滩”坚持岁岁不间断，保持了河渠的畅顺。都江堰分水工程、溢洪排沙工程、引水灌溉工程几个子系统有机联系，巧妙配合，令岷江变害为利，驯服地灌溉了成都平原14个县20多万hm^2农田（图3–36）。

图3–36　都江堰水利工程框图

都江堰工程的规划、设计、施工水平和科学创建，即使用现今系统工程的科学方法来衡量，也是毫不逊色的。它充分显示出我国古代人民所进行的系统思维何等的丰富，又何

等的科学啊！

新中国成立以来，都江堰几经大修，完成了配套工程，整个灌溉面积增加3倍，现在达到67万hm^2以上。

试对都江堰这一伟大水利工程作分析：

1. 都江堰的三大主体工程是怎样巧妙配合、发挥工程的整体作用和总体效应的？
2. 为什么说都江堰是一个伟大的系统工程？试作评价。

◎提示

可从技术性、经济性、生态环保、资源利用等方面评价。

设计与实践

设计活动

校园绿化（图3–37）方案设计。

图3–37　校园绿化

目的及要求

- 通过具体的设计活动，进一步理解和运用系统设计的基本思想和方法，进行简单的系统设计。
- 绘制简单的设计图纸并编写设计说明书，有条件的可模拟设计方案实施。
- 以小组为单位，分工合作完成。每3～5位同学为一组，明确任务分工及设计时间进度。

设计过程

- 设计目标及要求

讨论并列出总体目标和具体的性能指标，如绿化覆盖率、环境氛围等。

- 调查研究，收集相关资料

1. 了解分析设计对象的自然条件、人文环境及项目的经济条件。
2. 了解设计对象可利用的原有资源、条件。
3. 收集整理有关技术资料。

- 初步方案设计

1. 综合考虑。

（1）每个子系统（分区）的功能、子系统（分区）和整体布局的相互联系。

（2）各元素选择、比例和配置。

（3）周围环境和社会对系统的制约。

（4）安全、环保因素，避免设计的隐患及系统对人体健康和环境的不良影响。

◎分区是指系统按功能划分的组成部分，如家居可分为卧室、客厅、书房、厨房、洗漱间等；校园可分为教学区、运动区、生活区等。

（5）节能、经济和长期效果。

2. 列出所用材料清单。

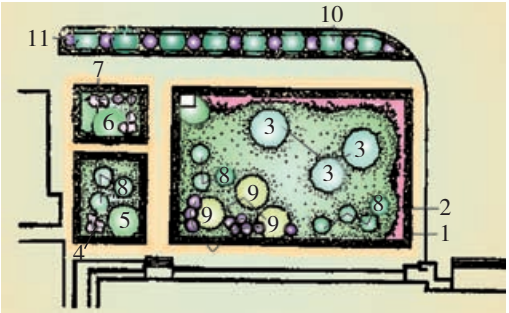
3. 绘制简单的设计平面图。

（1）有条件可运用计算机CAD软件绘制（可参照图3–38）。

（2）校园绿化设计使用图例表示（表3–10）。

①收集意见，修改设计方案。

②有条件可模拟系统方案实施。



1. 黄杨篱；2. 小月季；3. 雪松；4. 黄刺玫；5. 馒头柳；6. 法国梧桐；7. 丁香；8. 圆柏；9. 龙柏；10. 槐树；11. 紫薇

图3–38　某校教学楼前绿化设计图

表3–10　常用绿化植物图例

名称	图例	名称	图例	名称	图例
落叶阔叶乔木		针叶乔木疏林		自然形绿篱	
常绿阔叶乔木		整形树木		整形绿篱	
落叶针叶乔木		竹丛		镶边植物	
常绿针叶乔木		棕榈植物		一二年生草本花卉	
落叶灌木		仙人掌植物		多年生及宿根草本花卉	
常绿灌木		藤本植物		一般草皮	
阔叶乔木疏林		水生植物		缀花草皮	

编写设计说明书

1. 对设计对象相关情况进行简要的定性分析。

2. 阐明重点考虑的因素及它们之间的关系。

3. 列出费用预算。

4. 简要描述设计方案实施效果。

5. 附上设计图纸。

评价与小结

1. 分别评价各小组设计方案，列出评价指标，并对评价指标进行量化（表3–11）。

（1）师生共同讨论，细化、完善评价指标。

（2）为不同的指标确定不同的权重。

表3–11　设计方案评价参考

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

2. 各组设计方案的比较评价，列出各个方案的优点和缺点（表3–12）。

表3–12　各小组设计方案的比较评价

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

拓展与应用

空气动力纸火箭系统的设计与制作

纸火箭与水火箭有着相似的设计原理和系统，它是靠挤压饮料瓶时所产生的高压气流来推动箭体的方式，以一个1.5 L容量的塑料瓶为动力舱（发射前瓶子内部为一个大气压，不能预先增压），发射一支纸制的火箭，要求垂直高度>15 m，射程>30 m。通过系统设计与探究活动，研究影响纸火箭发射距离的因素；尝试改进设计，优化系统，力求使火箭的水平飞行距离最远（图3–39）。

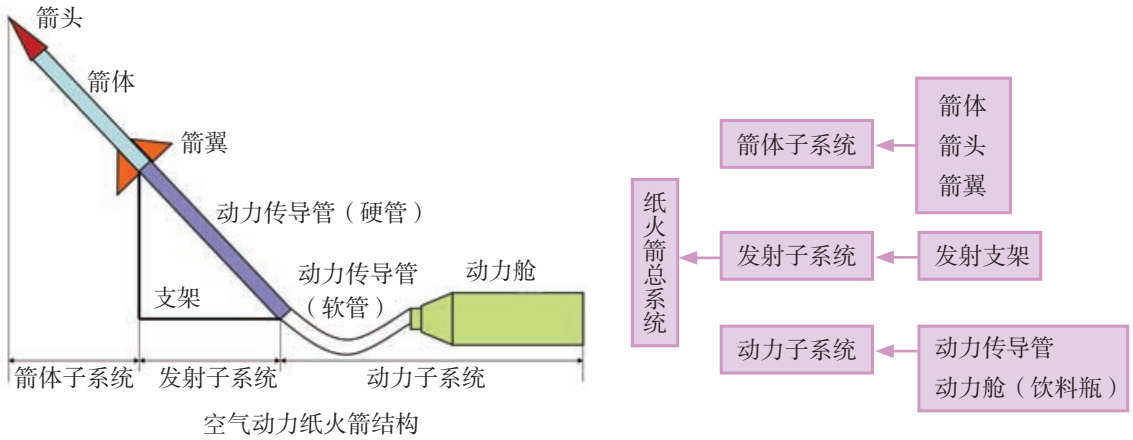


图3–39　纸火箭系统结构

纸火箭系统的制作与实践（图3–40）：

1. 箭体：将卡纸或广告纸裁成所需大小，紧紧包住塑料硬管，卷成纸筒状，接缝用双面胶粘好。

2. 箭头：画一个扇形，剪开后粘成圆锥状，根据需要加以修剪，然后粘在箭体上。

3. 机翼：可用厚纸皮剪成三角形或梯形3~4个，粘在火箭尾端。

4. 发射架：把塑料硬管固定在木架（或铁架）上，做成发射架系统。

5. 动力：用塑料软管连接硬管和1.5 L容量饮料瓶，作为推动纸火箭升空的动力气囊。

想一想，纸火箭的各个子系统之间应该如何相互协调，才能提高飞行效果？

图3–40　纸火箭系统的制作与实践

本节练习题

1．在以下所列项目中，选择其中一项进行系统的设计。

项目1：多用途广告宣传灯（图3–41）。

项目2：家居照明（图3–42）。

图3–41　多用途广告宣传灯

图3–42　家居照明

2. 图3–43是某校园的布局设计图，你觉得合理吗？说说理由并进行设计优化。

3. 通过老师了解自己学校的校园平面设计，并动手优化该设计。

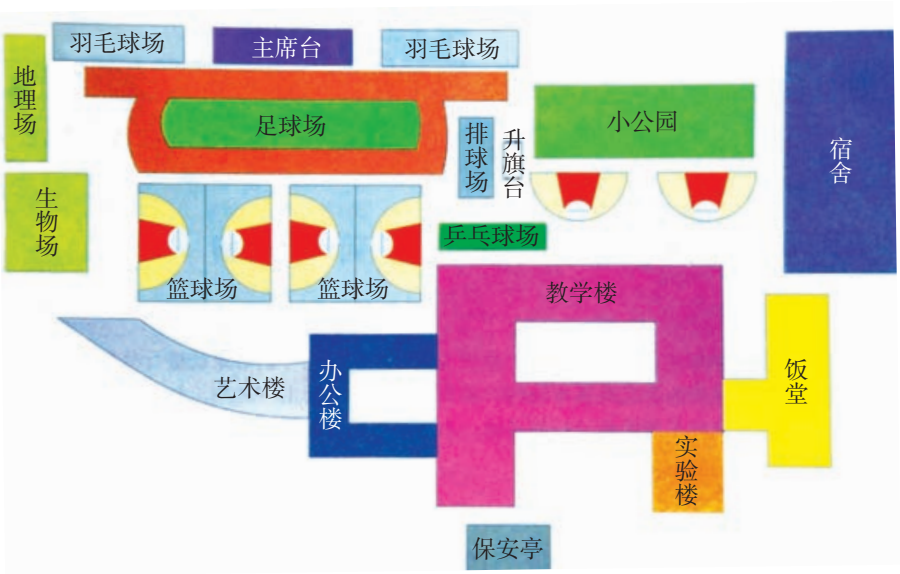
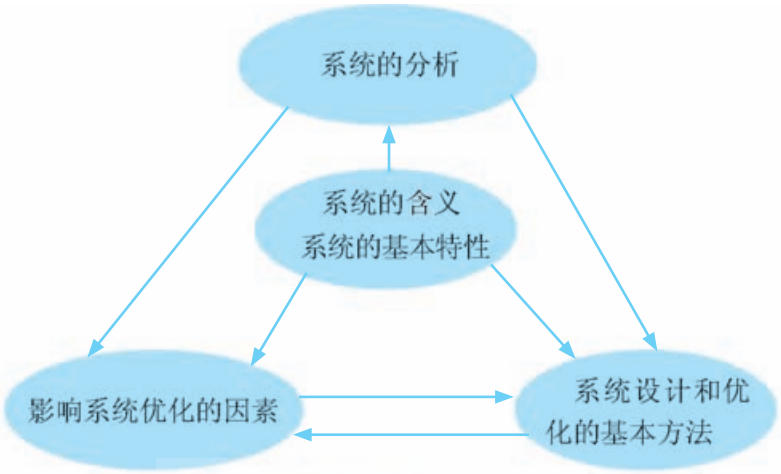


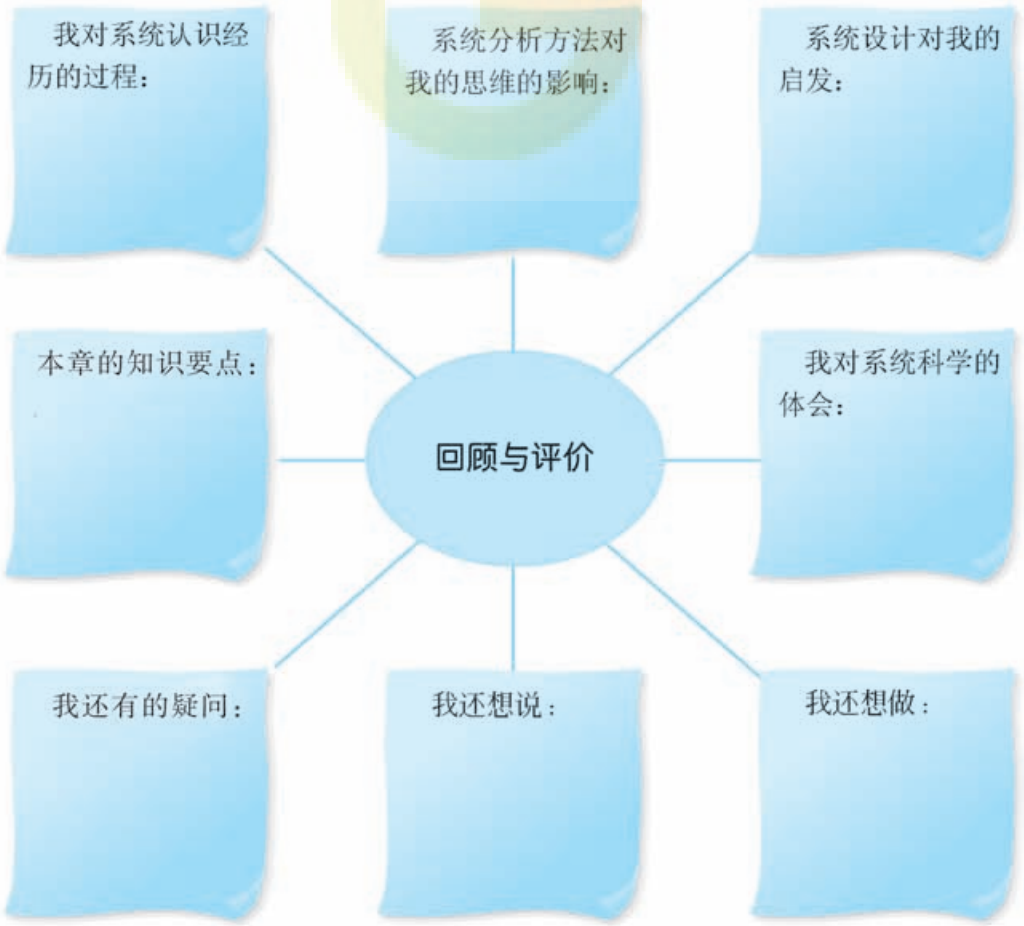
图3-43　某校园布局设计图

本 章 小 结

一、知识结构



二、回顾与评价



综合学习活动与练习题

1. 在下列各小题中选择正确的选项。

（1）以下关于系统的叙述，正确的是（　　）。

A. 系统是一个整体，是具有一定结构和功能的有机整体

B. 在一个系统中，系统的组分（元素）各自独立工作

C. 系统的目的性是指每个系统都具有各自特殊的功能

D. 系统应适应外部环境的变化，并保持原有的主要功能

（2）水是由氢和氧两种元素构成，当你口渴需要喝水时，分别吸入氢气和氧气，但并不能为你解渴，这说明（　　）。

A. 至少要有两个或两个以上的元素才能构成系统

B. 系统的组分（元素）之间按照一定的结构形成整体

C. 系统的整体功能是各组分（元素）的功能中没有的

D. 系统包含子系统，即具有一定的层次性

（3）下列各选项中，属于复合系统的是（　　）。

A. 军用飞机　　B. 森林公园　　C. 智能大楼　　D. 塑料大棚

（4）某企业为了追求高品质，用国外知名品牌汽车的发动机和变速箱，组装生产了一种型号小轿车。但汽车生产出来后出现了许多问题，实现不了高品质。这主要反映了系统基本特性中的（　　）。

A. 相关性　　B. 适应性　　C. 层次性　　D. 目的性

（5）自行车是为了代步，电饭锅是为了煮饭，电话机是为了通话，这说明了系统具有（　　）。

A. 整体性　　B. 相关性　　C. 目的性　　D. 环境适应性

（6）在大自然中鹿、兔奔跑速度快，能逃避猛兽追捕；刺猬身上长尖刺，使猛兽无从下口；黄鼬遇敌时突放臭气，扰乱猛兽神志，影响其情绪，在其迟疑间跑掉。这是生态系统基本特性中的（　　）。

A. 层次性　　B. 相关性　　C. 目的性　　D. 环境适应性

（7）国家游泳中心水立方屋顶的水回收系统将雨水回收处理后，用于外景补水、冷却塔补水等，从而节约了水资源。关于该系统的设计下列说法正确的是（　　）。

A. 不需要考虑气候的变化　　B. 不需要考虑屋顶的结构

C. 只需要考虑雨水这个局部要素　　D. 考虑了水资源的有效利用

2. 判断下列各小题的说法是否正确。正确的在括号中打“√”，错误的在括号中打“×”。

（1）复杂的系统都可以分解为一系列的子系统，并存在一定的层次结构。（　　）

（2）每个系统都由两个或两个以上的元素构成，各元素在系统中作用大小是相同的。（　　）

（3）系统是由两个或两个以上元素组成的有机整体，它与系统外环境的关系是环境适应系统的变化。（　　）

（4）机械传动系统的零部件之间常常会有磨损，为了保持系统的性能，必须定期添加润滑剂或更换零件，这反映了系统的相关性和整体性。（　　）

（5）“春捂秋冻”是北方天气变化，人们穿衣变化的一种写照，它体现系统的环境适应性。（　　）

（6）进行系统分析的出发点是为了发挥系统的整体功能，目的是了解系统的结构。（　　）

（7）系统优化的目标主要是实现系统的最优化，取得最佳效果，而投入的人力、物力、财力达到最小。（　　）

（8）在进行系统设计时，应考虑当周围环境发生变化时系统自身该做出如何的改变。（　　）

3. 以下的案例蕴含着怎样的系统观点？你从中得到什么启示？

三江源地区地处青藏高原腹地，是长江、黄河、澜沧江三大河流的发源地。三江源区曾是水草丰美、湖泊星罗棋布、野生动物种群繁多的高原草甸区，被称为“生态处女地”。近年来，随着全球气候变暖，冰川、雪山逐年萎缩，湿地面积减少。还由于在人类活动区域，持续的过度放牧、河谷采金、草坡挖药，使草原大面积退化与沙化，部分区域出现严重水土流失、土壤养分供给能力下降。过去15年，这一地区草地退化为次生裸地的占了草原总面积的10％以上，年退化面积超过1 500 km^2。生物多样性受到破坏，一些珍稀野生动物濒临灭绝。

为了遏制三江源地区生态环境的恶化，2003年国务院将三江源地区列为国家级自然保护区，青海省政府实施了三江源生态环境保护与治理总体规划，开展了退牧还草、退耕还林、湿地保护、草地综合治理、生态移民等十大工程。2003年全区完成草场治理27 360 km^2，禁牧13 900 km^2，季节性休牧130 km^2，累计退耕还林、还草和荒山造林种草846.7 km^2，有效减轻了对草场的压力。至2004年，全区治理水土流失5 440 km^2，流入黄河的泥沙量平均减少了10％，野生动物种群数量比往年明显增加。

提示：

可从以下方面思考：

（1）造成三江源生态环境恶化有什么因素？其中哪些属于系统内部？哪些属于系统周围环境？

（2）试分析过度放牧与生态环境恶化的关系，为什么要退牧还草、退耕还林？

（3）实施对三江源生态环境保护与治理取得初步成效，说明了什么道理？

4. 战国时，魏国将领庞涓率军围攻赵国都城邯郸，赵国向齐国求救。齐王命将军田忌、孙膑出兵救赵。孙膑分析了当时战争的形势：“梁（魏国国都大梁）、赵相攻，轻兵

锐卒必竭于外，老弱罢（疲）于内。”他成功地运用了系统的战略思想，迫使魏军撤兵。

（1）解除赵国危难有几种方案？

（2）孙膑采用了怎样的战略迫使魏军撤兵？

分小组讨论、比较不同方案的优劣。

5. 某木器厂生产桌子和柜子两种产品，每种产品都需要两种不同的木料。现工厂有第一种木料72 m^3，第二种木料56 m^3，生产一张桌子和一个柜子所需的木料以及所得利润如表3–13所示。问桌子和柜子各生产多少，才能获取最大利润？

表3–13　木料和利润

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

第四章　控制与设计

控制是一个充满新奇和挑战的话题。同时控制又是一个跨学科的综合性学科，它已深入到人们生活和工作的方方面面，学习一些控制与设计的知识，通过对控制系统中控制的目标、控制的过程和控制的机制等的理解，有助于我们运用简单的控制方法解决现实生活中遇到的相关问题，发展我们良好的逻辑思维。

学习目标

- 理解控制的含义及其在生产和生活中的应用
- 了解控制系统的类型，熟悉简单控制系统的基本组成和工作过程
- 了解并能确定控制系统的主要参量
- 能画出简单控制系统的方框图，理解其中各环节的作用
- 能设计、制作、调试和改进简单的控制装置

第一节　了解控制

一、控制

我们经常可以听到“控制情绪”“控制病情”“控制温度”等说法。“控制”这个词看似神秘，但却普遍存在于我们日常生活之中（图4-1）。当你用遥控器操作玩具、电视机、空调等家用电器时，我们已经在进行控制。骑自行车时，如果觉得车速太快，我们会使用刹车，使车速正常；当感觉室内亮度不够时，我们会打开电灯，使屋内明亮；当我们的学习成绩不够理想时，我们会增加学习时间或改进学习方法，以提高学习成绩等，这些都是在“控制”。

图4-1　日常生活中的各种控制

人类利用控制技术为自身服务的历史很久远。古老的水车（图4-2）就是一个控制系统。它以流水作为动力，通过水轮将水提升到需要的位置，在一些农村，现在还可以看到这样的装置。

控制（control）存在于当今社会的各个方面。现代化的汽车生产线、城市中的交通指挥系统、家用电器中的遥控器、恒温的蔬菜大棚等都是控制技术的应用实例。

2007年10月24日18:05搭载着我国首颗探月卫星“嫦娥一号”的运载火箭在西昌卫星发射中心三号塔架点火发射。经过13天飞行、4次变轨、1次中途修正、3次近月制动，于11月7日卫星顺利进入高度为200 km、周期为127 min的工作轨道（图4-3）。发射圆满完成。在长达13天的奔月过程中，卫星能在规定的时间做出规定动作，依靠的就是精确和可靠的控制。

图4-2　水车

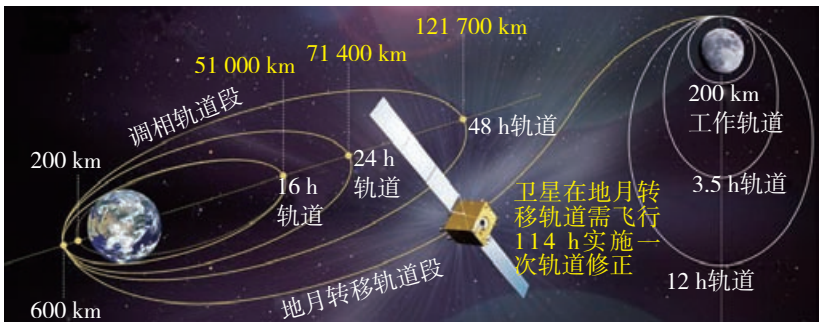


图4-3　“嫦娥一号”奔月过程

讨论与分析

大禹是中国古代最有名的治水英雄。

当尧还在世的时候，中原地带洪水泛滥，水患给人民带来了无边的灾难。尧决心要消灭水患。

经群臣和各部落的首领都推举，尧把治水的任务交给大禹的父亲——鲧。

鲧治水治了9年，用石头、泥土围堵洪水，大水不但没有消退，反而更加肆虐。后来舜开始操理朝政，革去了鲧的职务，起用鲧的儿子禹来治水。

图4–4　大禹治水

大禹欣然接受了这一任务，跋山涉水，风餐露宿，走遍了当时中原大地的山山水水。他吸取了父亲采用堵截方法治水的教训，发明了一种疏导治水的新方法（图4–4），使得水能够顺利地东流入海。

他治水三过家门而不入，一共花了13年的时间。在大禹整治之后，咆哮的河水失去了往日的凶恶，驯驯服服地平缓地向东流去，农田变成了粮仓，人民又能筑室而居，过上幸福富足的生活。

为什么禹的父亲治水失败而禹能治水成功？

如果我们希望某一事物按照自己的意愿发展，就要对其进行干预，这种根据自己的目的，通过一定的方法使事物沿着某一确定的方向发展，就形成了控制。

图4–5至图4–8是控制技术在生产、生活中应用的一些例子。

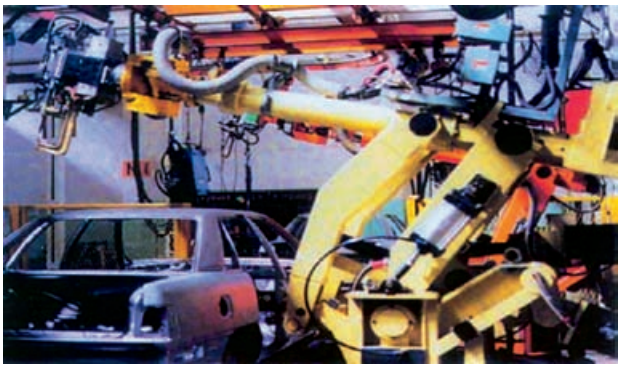


图4–5　汽车自动化生产线

图4–6　恒温蔬菜大棚

图4–7　骑自行车的学生

图4–8　“勇气号”火星车

例1

投掷飞镖（图4–9）是同学们都很熟悉的运动。我们在投掷飞镖时，首先会在脑子里确定一个希望射中的目标（如靶心），然后根据场地的情况及自己的经验，控制手臂的投掷动作，将飞镖掷出。显然，在飞镖掷出后，飞镖的飞行就不可控制了，能否命中目标，很大程度上取决于飞镖在脱离投掷者手时的初始状态。

图4–9　投掷飞镖

例2

骑自行车（图4–10）出行是同学们常选择的交通方式。在骑车的过程中，我们实际是在随时观察自行车的行驶方向或路线，如果出现偏差，我们就会控制自行车的行驶方向，及时纠正。

图4–10　骑自行车

例3

图4–11是瓦特式速度调节器基本工作原理的简化示意图。在这个系统中，有一组齿轮将发动机的速度反馈到离心调节器。当发动机的速度高于希望值时，调节器的两臂将伸开，使控制阀向下移，下移的控制阀减小了输油管的通油缝隙，使供给发动机的燃油减

少，从而使发动机的转速降低，如图4-11（a）所示；当发动机的转速低于希望值时，调节器的两臂将回收，控制阀将向上移，供给发动机的燃油将增加，发动机的转速提高，如图4-11（b）所示。通过上述控制作用，可使发动机达到希望的转速。

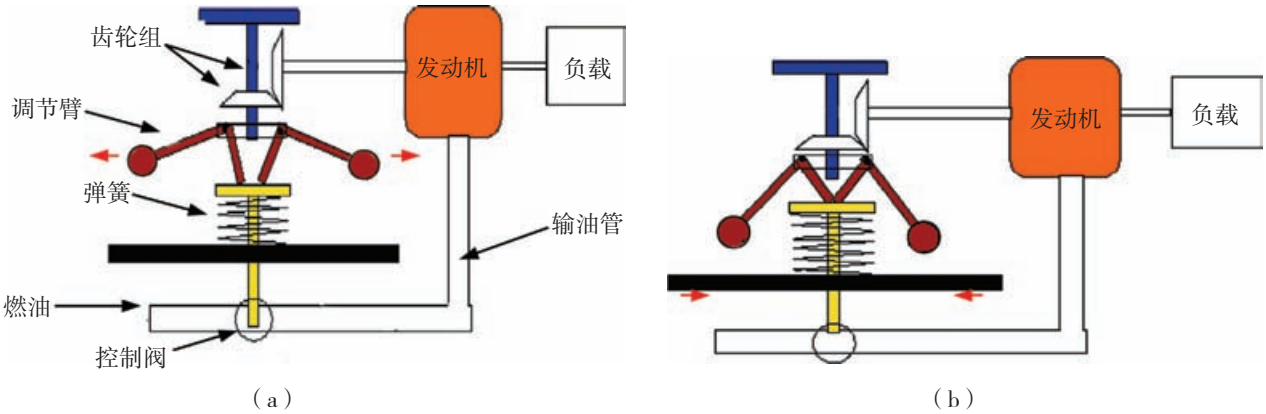


图4-11　瓦特式速度调节器基本工作原理简图

例4

控制技术在军事上也有着广泛的应用。图4-12为一种电视制导导弹，其工作原理很像人的行为。假如你要抓住一个在前面奔跑的同学，实际上是用眼睛盯着目标，不断修正自己的跑动路线，直到赶上他。电视制导的原理与上述过程很相似。在导弹发射时，先用电视摄像机瞄准目标，并将目标的图像存在导弹中，导弹发射后，弹头前的摄像机不断将导弹前方的图像送到导弹内的信号处理单元，信号处理单元将摄像机送回的图像与存储的图像进行比较，并根据它们的误差调整飞行方向，最终击中目标。

图4-12　电视制导导弹

二、开环控制和闭环控制

同学们可能都玩过点鼻子、画眼睛的游戏：在墙上贴一张画有娃娃脸轮廓的头像，参加游戏的同学在画前几米的地方蒙上双眼，然后走向头像，并用手中的画笔在画上添上鼻子或眼睛，一般情况下总会画得东倒西歪。如果不蒙双眼，会怎样呢？肯定画得又准又好，其差别在于不蒙眼睛时，我们可以调整自己前进的路线和画笔的落点；反之，由于看不到目标，我们无法对前进的路线和画笔的落点进行调整。

这个游戏，其实就是一个控制过程。通过眼睛，我们把自己前进的路线和画笔的落点反馈给大脑，大脑将希望的结果与实际情况进行比较，如果有误差，便调整手、脚的动作并及时纠正。

能将控制的结果反馈回来，形成比较量，并与希望值（又叫给定量、基准量）进行比较，并根据它们的差别（误差）及时调整控制作用，使控制的误差减小的系

统，称为闭环控制系统（closed−loop control system）。而不能将控制的结果反馈回来影响控制作用的系统，称为开环控制系统（open−loop control system）。系统中将控制结果反馈回来的部分，称为反馈环节（feedback link）。闭环控制系统都有反馈环节，所以有时又称闭环控制系统为反馈控制系统（feedback control system）。反馈环节是闭环控制系统的重要特征。

例1

图4−13是一个工人正在调节容器内的液面位置。液面的预期位置在操作工人的脑海中，在工人用手控制阀门的同时，通过眼睛观察实际液面，大脑根据实际液面与预期液面的差异大小，通过手调节阀门，控制液体的输出量，从而达到维持液面高度的目的。在这个控制系统中，人的眼睛就是系统的反馈环节，大脑根据反馈的信息不断调整控制作用，所以调节液面的过程，就是一个闭环控制的过程。由于人已经成为整个控制系统的一部分，所以我们称这个系统为人工闭环控制系统。

例2

图4−14是全球卫星定位系统（global position system，GPS）的示意图。

在大海中航行的船只通过GPS可获得自己当前的地理位置，然后将这个位置与计算机中保存的期望位置进行比较，发现误差及时调整，使船保持在正确的航线上。GPS就是整个自动导航系统中的反馈环节。

GPS能够提供精确的地理位置信息，所以在航海、航空和城市交通管理等领域有着广泛的应用。

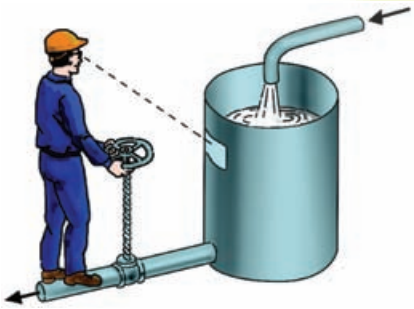


图4−13　人工调节液面

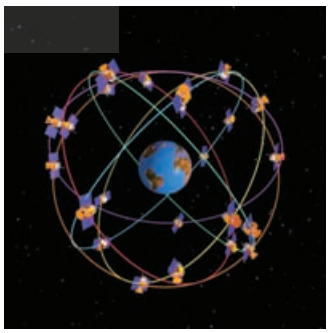


图4−14　GPS导航

闭环控制系统由于能够不断地修正控制的误差，所以一般可以得到较好的效果。但如果系统的输入量能预先知道，并且不存在任何扰动（或系统对扰动的影响不敏感），则采用开环控制更为合适。例如，家用电风扇（图4−15）的转速调节系统，实际上就是一个开环控制系统。虽然我们要根据需要得到不同的转速，但通常只要有风量大小的感觉就可以了，这时对影响转速发生微小变化的一些干扰就可忽略不计，所以开环控制系统就能很好地完成这个任务。房间里的电灯开关、厨房里的水龙头等都是简单的开环控制系统，它们都能很好地完成我们需要的控制目的。只有当存在着无法预计的扰动和（或）系统中元件

的参数存在着无法预计的变化时，闭环控制系统才具有优越性。通常开环控制系统成本较低，在可能的情况下，应当采用开环控制。如果能将开环控制与闭环控制适当地结合在一起，不但比较经济，而且还能够获得满意的综合系统性能。

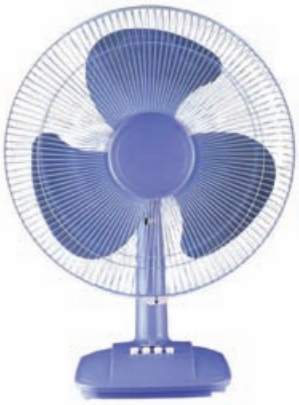


图4–15　电风扇

判断一个控制系统是否为闭环控制的简单方法是考察分析。当控制结果（即被控量）发生变化时，例如给被控对象或被控量施加一些干扰，控制系统能否做出相应的调整去改变控制的结果（即被控量），以减少控制误差，如果能，则为闭环控制，否则是开环控制。

知识窗

打印头的位移控制

喷墨打印机（图4–16）可以打印出精美的图文，是由打印头在打印过程中不断地移动而将图文一点点“描绘”出来的。可见，确保打印头在打印过程中做精确的位移是至关重要的。驱动打印头移动的是一种称为步进电动机的电器，这种电动机每输入一组脉冲信号，其转子就精确地转动一个固定的角度，所以只要控制输入的脉冲数就可控制转子转动的总角度，通过相应的传动装置，使打印头做精确的位移。除打印机外，如绘图仪、数控机床等，都广泛地采用了步进电动机。

图4–16　喷墨打印机

由于步进电动机的转动角度与输入的脉冲数有精确的对应关系，所以在特定的条件下，采用步进电动机不需要反馈环节就能提供较精确的机械位移。这种没有反馈环节的控制系统属于开环控制系统。

三、手动控制和自动控制

有些时候，控制系统必须在人的直接干预下才能完成控制任务（如图4–13的人工调节液面），这种控制系统，我们称为手动控制系统（manual control system）。而在控制的过程中如果不需要人的干预，就可按期望规律或预定程序进行的控制系统称为自动控制系统（automatic control system）。前面介绍的瓦特式速度调节器和电视制导导弹的控制系统就是自动控制系统。

图4-17至图4-20是有关手动控制和自动控制的一些例子。

图4-17　电源开关

图4-18　水龙头

图4-19　空调机

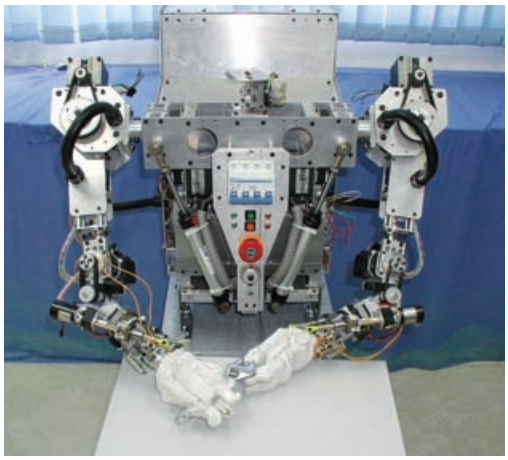


图4-20　机器人

本节练习题

1. 什么叫控制？控制的结果是否一定达到控制者的目的？
2. 什么叫手动控制？用手开关电灯是什么控制？手动打开电灯之后，控制者用眼睛看一下电灯亮否，从控制系统的角度来看，属什么环节？
3. 什么叫自动控制？自动控制系统在控制过程开始前后都不需要人的干预，这种说法对吗？
4. 闭环控制系统都是自动控制系统吗？请举例说明。
5. 手动控制系统都是开环控制系统吗？请举例说明。

第二节　控制系统的组成和描述

一、控制系统的组成

通过前面的学习，我们可以看到，具体的控制系统是多种多样的。为了方便对控制系统进行分析、描述，我们可用框图的形式描述一个控制系统。以投掷飞镖和骑自行车为例子，可分别用图4-21、图4-22描述它们的控制过程。

例1

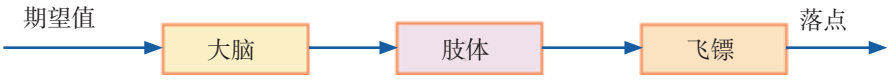


图4-21　投掷飞镖的控制过程

例2

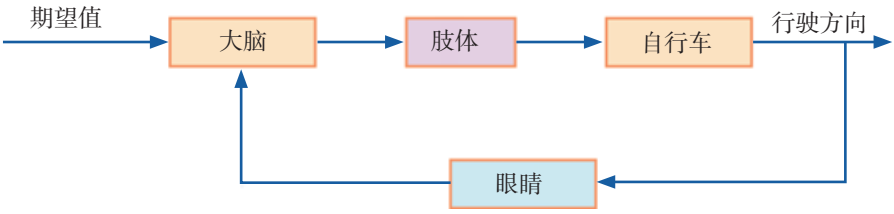


图4-22　骑自行车的控制过程

在图4-22中，期望值（即基准量，又叫给定量）——道路的方向，大脑——比较器和控制器，肢体——执行器，自行车（主要是指车头）——被控对象，行驶方向——被控量，眼睛（包括神经传输系统）——反馈环节。

比较图4-21和图4-22，我们可以发现，图4-22比图4-21在结构形式上多了一个将实际行驶方向反馈到输入端的反馈环节，即我们的眼睛。正是由于有了眼睛这个反馈环节，我们才可以使自行车始终行驶在正确的道路上。由于反馈环节的存在，使图4-22在信号的流动上形成了如图4-23所示的闭合回路，这也是我们把带有反馈环节作为构成闭环控制系统必要条件的原因。

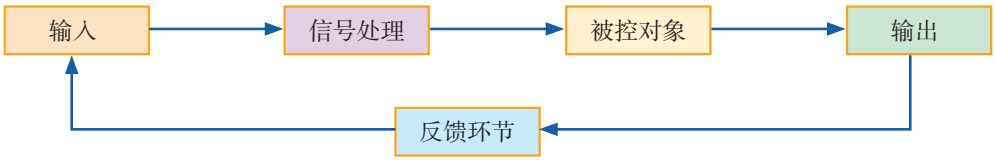
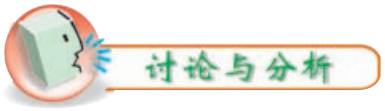


图4-23　闭合的信号回路

图4-21和图4-22都是对一个具体的控制实例进行的描述。如果我们将每个控制系统都用这样的方法进行描述，由于控制系统的多样性，每个框图的具体内容会有很大的不同，这对分析、描述控制系统带来了很多不便。我们能不能用一种更一般的形式表示各种控制系统呢？



如果将我们的身体看成是一个控制系统，在你从书架上拿出一本你想要的书的过程中，身体各部分分别完成什么功能（表4-1）？如果我们是去搬一张凳子，结论会有什么

变化？

表4-1　拿书时身体各部分的功能

控制系统	对应发挥功能的身体部分
发出命令：	
执行命令：	
控制的作用对象：	
反馈环节：	

一个工程领域的控制系统的控制过程与人进行控制的过程是相似的，两者都有控制指令的发出者、控制指令的执行者，如果是闭环控制，则还存在反馈环节。可见不管控制系统构成有多么不同，它们的基本架构是相似的，由此我们引入了控制器（controller）与控制量（control variable）、被控对象（controlled plant）与被控量（controlled variable）等概念。

在图4-21和图4-22中，人的大脑都是控制命令（信号）的发出者，我们将这一部分称为控制系统的控制器。

控制系统都有确定的控制目的。骑自行车要控制的是自行车的前进方向；控制飞镖的目的是控制飞镖的飞行方向，最终控制飞镖的落点，使之尽量接近靶心。所以自行车的行驶方向、飞镖的飞行方向就是这两个控制系统中的被控量。

给定量是否会变化？这要分两种情形来讨论。

第一种情形：给定量在下一次人为改变之前，给定量是个不变的量。例如人为设定房间空调温度的期望值为25℃，在下一次调整前不会改变；固定的飞镖靶心位置也是不变的。

第二种情形：给定量是变化的，例如自行车前进的道路，其方向是不断变化的。

要对被控量进行调整。在骑自行车的例子中，是通过对自行车的控制来实现的；而在投掷飞镖的例子中，是通过对飞镖的控制来实现的。自行车和飞镖就是这两个控制系统中的被控对象。

有时，控制器发出的命令并不能直接对被控对象产生影响。在骑自行车和投掷飞镖的过程中，大脑发出的生物信号，并不能直接影响自行车或飞镖的状态，而是要通过肢体去控制自行车和飞镖。这种将控制器发出的信号转换成能影响被控对象的信号的装置，称为执行器（actuator）。图4-21和图4-22中人的肢体就是执行器。

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

在第一节例1和例2中，飞镖和自行车都是被控对象，但由于这两个被控对象的特性不同，所以两个控制系统也有很大的差别。飞镖掷出后不再受控，同样，篮球投出后也不再受控制，所以这两个控制系统都只能是开环结构。可见，正确了解被控对象的特性，对分析、设计一个控制系统是非常重要的。

拓展与应用

根据自己对控制系统的认识，填写表4-2。

表4-2　控制系统

系统名称	控制器	控制量	被控对象	被控量	给定量	反馈环节
抽水马桶中的水位控制						
电风扇机械定时开关控制						
路灯黑夜/白天自动开关控制						
电冰箱恒定温度控制						

二、控制系统的框图表示

当我们了解了控制系统的控制器与控制量、被控对象与被控量、反馈环节等概念后，就可以将图4-21和图4-22用更具一般性的方式表示为图4-24和图4-25。并不是每一个控制系统都能相对独立地在结构上分出控制器、执行器、比较器等部分，它们有时是合在一起，很难截然分开的。

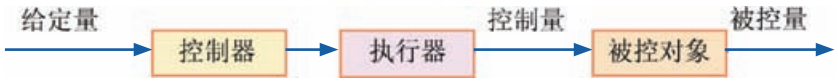


图4-24　开环控制系统结构框图

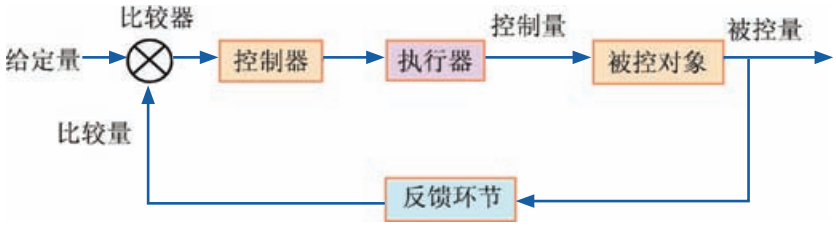


图4-25　闭环控制系统结构框图

图4-24和图4-25就称为控制系统的框图表示，它们是各种控制行为的一种抽象表述，所以适用于各种控制系统。

我们必须注意到，给定量和比较量一定是同一个量纲，否则不能在比较器中比较；而被控量与给定量就不一定是同一量纲，它要经反馈环节转换量纲。例如在自来水水塔水量控制系统中，被控量是进水流量，而比较量是自来水水塔中的水位高度。

知识的运用

在图4–26所示的系统中，利用地感线圈得知有汽车到达道闸前，由摄像头抓拍车牌，进行图像识别，从而实现车牌自动识别、司机面部抓拍等功能，然后驱动马达把道闸抬升，完成道闸验车的控制工作。

请写出该控制系统的控制器、执行器和被控对象，画出该控制系统的结构框图。

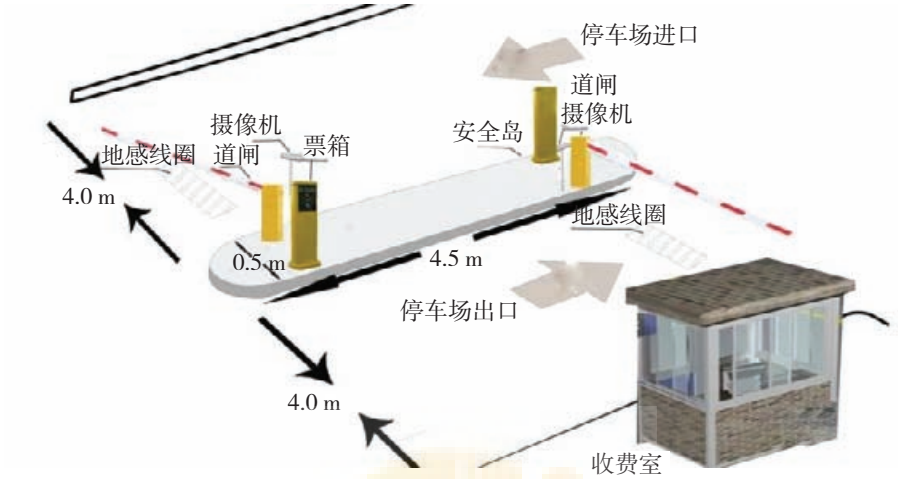


图4–26　停车场进出控制系统

知识窗

● 计算机控制系统

计算机控制系统是融计算机技术与工业过程控制为一体的综合性技术。在计算机控制系统中，控制器都是由计算机担任的。计算机控制系统有许多优点：可通过对计算机程序的设计，方便地实现各种控制算法；利用数字信号处理技术，可以大大提高测量环节的灵敏度，使系统可以感知更微弱的信号变化；利用计算机的高速运算能力，系统的响应将更加迅速；可以同时处理多路信号。所以利用计算机可以实现更为复杂的控制系统。并不是只有大型系统才使用计算机控制技术，其实小到电子玩具（图4–25），我们也可以看到计算机控制的身影。

● 模糊控制

1965年，美国一位叫查德（Lotfi Asker Zadeh）的数学家提出了一种叫“模糊逻辑”的理论，它不是对事物作简单的肯定或否定，而是用从属程度来表示不精确的值（概念）。模糊逻辑很接近人对一些事物的感受，例如：对“高温”这个概念，37℃应算高温，所以对高温的从属程度为1；而18℃不能算高温，所以对高温的从属程度为0；28℃不高不低，对高温的从属程度可定为0.4；35℃接近高温，对高温的从属程度可能为0.8。

把模糊逻辑用在控制上，就是模糊控制。模糊洗衣机能模拟人的直觉实现判断，确定洗涤时间；模糊空调更能善解人意，它能测出房间的大小，室内外温度、

湿度的变化，决定工作的停启时间，使室内保持舒适的温度，而且它的耗电量更低。另外还有能根据地面灰尘多少而自动确定吸力大小的模糊吸尘器，能根据米量和水量自动确定煮饭温度和时间的模糊电饭煲等，能根据洗碗槽内装有多少碗碟和油污程度自动确定洗涤水量和时间的模糊洗碗机等。

本节练习题

1. 判断下列关于控制系统的表述是否正确。

（1）控制器肯定是控制系统中最先动作的构件。（　　）

（2）执行器是能直接对被控对象起控制作用的装置。（　　）

（3）被控对象是连动过程中最后动作的构件。（　　）

（4）存在比较器的控制系统一定是闭环控制系统。（　　）

2. 判断下列关于楼道灯的声控开关电路的说法是否正确。

（1）它是一个闭环控制系统。（　　）

（2）它能自动纠正控制误差。（　　）

（3）灯是被控对象。（　　）

（4）控制量是控制灯的亮灭。（　　）

3. 列举一些身边控制系统的例子，描述它的控制过程。

4. 画出下列控制系统的方框图。

（1）抽水马桶中的水位控制。

（2）电视遥控系统。

第三节　简单控制系统的设计

一、控制系统设计概论

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

设计的第一步是确定控制目的。例如速度控制系统是为了达到一个理想的速度，温度控制系统是为了获得一个合适的温度等。

第二步是确定系统的被控量，即控制系统要控制什么。一般情况下，系统的控制目的就是系统的被控量。如速度控制系统的被控量是速度，温度控制系统的被控量是温度。但有些控制系统的控制目的与系统的被控量就可能不同。如为了控制某种化学反应的反应速度，我们可以控制反应时的温度；为了减少（控制）高速公路上的交通事故，我们可以控

制公路上的车速。所以，在明确控制目的的同时，要认真分析为达到控制目的，我们实际需要控制什么量，这就是被控量的确定。

第三步是明确系统被控量应达到的精度指标，如速度、温度的精度指标等。

第四步是选定控制系统的结构。控制系统有开环和闭环，系统的控制精度、造价等指标，这将指导我们选择控制系统的类型（开环或闭环）及闭环控制中对反馈环节的要求。执行器一般也在这时选定。执行器与被控对象有关，如对电机进行速度控制的系统，由于被控对象就是电机，所以执行器可以是继电器；如在温度控制系统中，产生温度的部件可能是电热丝、灯泡甚至燃气装置。这些都可以作为产生热量的被控对象，对应的执行器可以是继电器或燃气控制阀等。

第五步是建立系统各环节的模型。大型、复杂的控制系统分析和仿真都依赖于模型的建立，对于简单的控制系统可不建立 模型而直接通过实验检验系统的性能。

第六步是确定待调参数。不管是对模型进行仿真还是进行系统实际实验，我们都要找出最能影响系统性能的一些参数作为仿真或实验时观察、调整的对象，通过对它们的调整，使系统达到最佳的性能。

第七步（设计的最后步骤）是分析、实验系统的性能。如果通过调节待调参数系统达到了期望的性能，设计工作就结束；否则，就要修改设计，包括改进系统结构甚至放宽指标要求等。

图4−27描述了控制系统设计的基本过程。

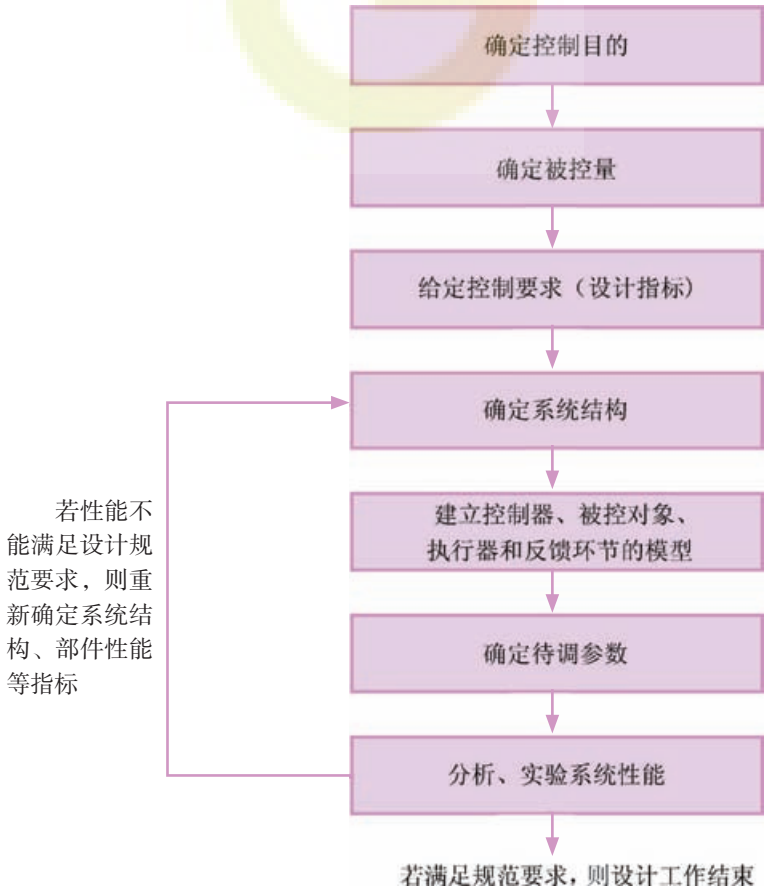


图4−27　控制系统设计的基本过程

二、设计实例

例

运动场边定时翻转广告牌的设计

（一）明确设计目的

在很多大型运动场的周边，我们经常可以看到会定时翻转的广告牌（图4–28），它在占地面积不变的情况下，可顺序展示多幅广告，大大提高了广告的展示效果。现在，我们就来设计一个定时翻转的广告牌。

图4–28　赛场边可看到的一些动态广告牌

（二）确定被控量及设计指标

控制广告牌的翻转或移动，实际上可以用卷动广告纸或广告布来实现。如果我们用滚筒来带动广告纸的转动，那么控制广告牌翻转或移动实际上就转化为控制滚筒的转动。根据滚筒直径的大小和一幅广告纸的尺寸，控制滚筒转动的角度或圈数就可达到翻转广告的目的。所以，我们可以把滚筒转动的角度或圈数定为系统的被控量。

广告牌有尺寸大小，更换广告内容的速度有快有慢。如果任务还有造价等要求，这些都要作为系统的指标确定下来，作为制订方案的重要依据。

（三）确定系统结构

通过上述步骤，我们就可以根据确定的参数来确定控制系统的结构。

控制系统有开环和闭环、手动和自动等形式，你决定采取哪种形式呢？以下是两个可实现画面翻转的例子，可能对你的方案设计有所启发。

图4–29是方案1，它将需要展示的画面（广告）连在一起，然后卷在两根轴上，当同时转动两根转轴时，画面就可以依次显示。图4–30是另一种实现画面翻转的方案2，三棱柱的每一面对应一幅画的一部分，当所有三棱柱同时转动时，可将3幅图像顺序显示出来。

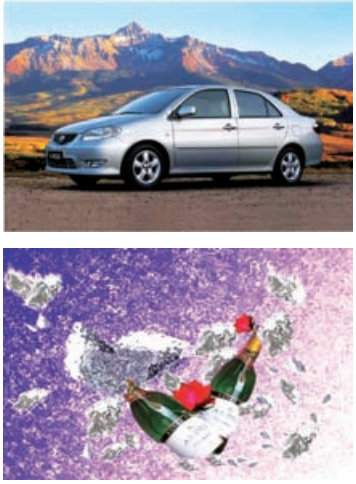


图4-29　方案1

图4-30　方案2

讨论与分析

1. 你能写出几种实现方案吗？
2. 你的方案与别人的方案相比有哪些优缺点？
3. 你的方案可行吗？（如材料是否容易得到、加工是否容易、造价是否合理等。）

（四）选择实现方法

广告牌的翻动可以采用手动或电动，一般来说，采用电动方式有可能使翻动自动进行，实际效果会更好些。

图4-31　减速电机

使用电动机可以实现自动翻转。为了使广告牌的翻转平稳且易于控制，广告牌的翻转速度不宜太快。电动机的转速一般都很快，所以要考虑安装减速装置，如使用减速电机（图4-31），这种电动机的内部已安装了减速装置，使用起来比较方便；也可以自行设计减速装置，设计时应把装置的总传动比合理地分配到各级（传动比是装置中两转动构件转速的比值）。图4-32所示的是几种常用的减速方法。

如果采用图4-29的方案，当电动机带动卷轴缓慢转动时，广告画面则会不停地循环更换。但这种方法有一个缺点，就是画面会不停地走动，广告的展示效果不是很好。能不能当出现一幅完整的画面时暂停几秒，然后启动电动机，转换到下一幅呢？答案是肯定的，但要解决以下两个问题。

（1）电动机转动、停止的时间要可以控制。

（2）当出现一幅完整的画面时，电动机正好停止。

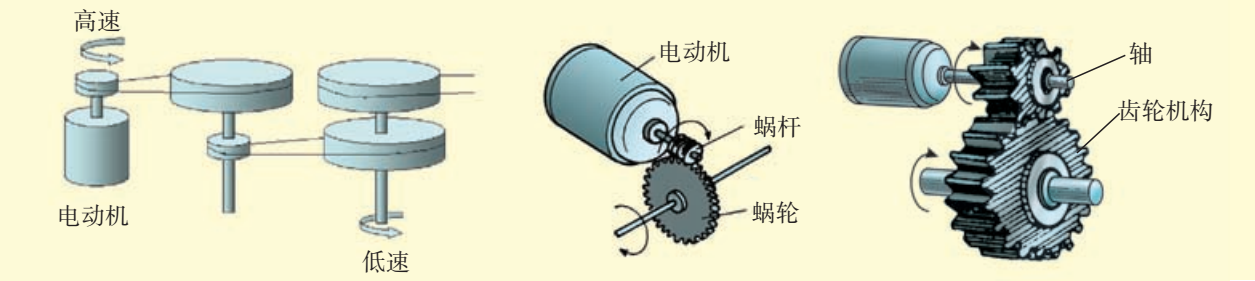


图4–32　几种常用的减速方法

（五）部件模型及主要参数的确定

对一个复杂的控制系统，在确定了系统结构后，先要对系统中的各部分建立对应的数学模型，然后进行一些理论分析和仿真。当系统较为简单时，我们可以先通过一些简单的运算，得到一些必要的参数，然后用实验的方法调试系统的工作，直到满意为止。

对于上面提出的两个问题，可以采用定时控制器（图4–33）来解决。这种定时控制器有一组可控制的开关，开关的通断时间可以通过定时器上的按键进行设置。我们可以根据需要设置开关的接通时间和断开时间，从而控制电动机转动和停止的持续时间。在电动机转速一定的情况下，控制电动机的转动时间，实际就控制了转轴转动的角度或圈数。

假设如图4–34所示，一幅画面的高度为h，转轴的半径为r，转轴每秒转n圈，则电动机转动的时间t应为：

$$t=(h+\pi r)/(2\pi r\cdot n)$$

定时器的可编程开关能通过的电流和工作电压是有限制的，这可通过查阅所选取的定时器的说明书获得。如果使用的电动机功率较大，或许不能直接用定时器的可编程开关去控制电动机的工作。解决的方法是通过一个可控制较大功率的继电器（图4–35）进行“中转”：定时器的开关控制继电器，继电器的开关再去控制电动机。

◎警示

使用电机可能要涉及交流电压，操作时一定要注意安全！

图4–33　定时控制器

图4–34　广告牌的尺寸

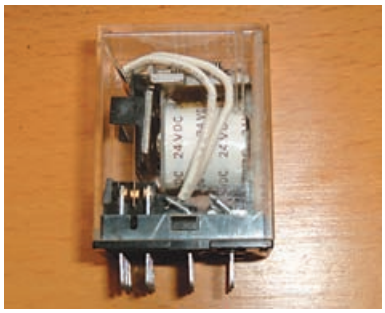


图4–35　继电器

讨论与分析

1. 你还有其他实现控制广告画翻转的方法吗？
2. 你的实现方法与别人的实现方法相比有哪些优缺点？

（六）验证、完成你的设计

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

（1）用计算机绘制各部分的原理图及安装图。

（2）设计系统制作的工作流程。

（3）协同工作，共同完成整个设计。

（七）评估你的设计

当你完成设计后，它是否达到你的预期目的，你可能要从以下几个方面进行评估：

（1）系统是否安全、可靠？能否按设计的要求工作？

（2）其他同学对你的设计有什么看法？

（3）整个系统的造价是多少？

（4）如果你有更多的时间，你将会对设计做哪些改进？

（5）为你的设计写一份使用说明书。

图4-36　电动广告效果

图4-37　手动广告效果

本节练习题

1. 判断下列各小题的说法是否正确。

（1）在所有控制系统中，具有反馈装置的系统一定是闭环控制系统。（　　）

（2）所有闭环控制系统都可以通过控制来减少被控量的误差。（　　）

（3）在人投掷飞镖控制过程中，飞镖是执行器。（　　）

（4）在司机驾驶汽车过程中，尽管司机常常较长时间双手都离开了方向盘，但汽车仍然开到了目的地，所以该控制的整个过程属于闭环控制过程。（　　）

2. 设计一个路灯黑夜/白天自动开关控制系统。

第四节　控制中的干扰

一、干扰对控制功能的影响

在实际的控制系统中，常常会有一些变化不定的因素对系统的行为造成不利的影响，这种有害的因素，我们称其为“干扰”。

当我们考虑干扰对控制系统的影响时，对于开环控制系统和闭环控制系统来说，它们的系统框图如图4−38、图4−39所示。

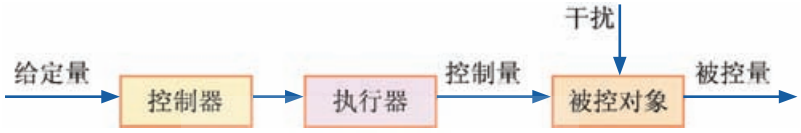


图4−38　开环控制系统

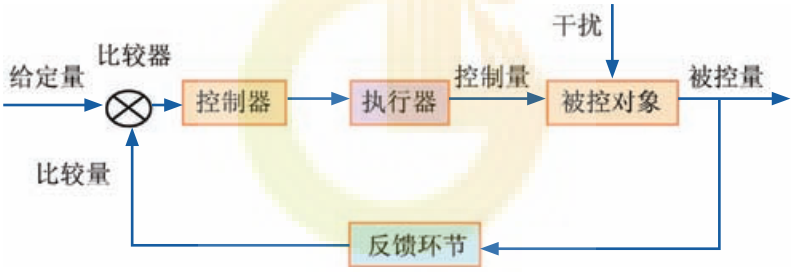


图4−39　闭环控制系统

干扰会使被控对象产生误动作，具体的理论分析是复杂的，这里我们只讨论一些较为简单的情况。例如，由瓦特式速度调节器组成的速度控制系统中，如果发动机所带的负载突然加重，在燃油的供给量不变的情况下，发动机的转速肯定会降低；反过来，如果发动机所带的负载突然减轻，而同样是燃油供给量不变，发动机的转速肯定会提高。这种不能预测的变化，实际上就是对控制系统的一种干扰。在投掷飞镖的过程中，虽然运动员可能已经瞄准了靶心，但飞镖投掷出去后，遭遇突然而来的侧风，飞镖的飞行肯定会受到影响。变化不定的风，对飞镖的飞行就是一种干扰。在一个控制系统中，实际的干扰可能出现在各个环节，但为了在描述和分析控制系统时有一个统一的形式，假设干扰是加到被控对象上，这是一种等效的方法。即如果实际干扰是加在控制器或执行器等环节上，并使被控量发生了变化，那么这个干扰可以用一个加在被控对象上并使被控量发生同样变化的干扰代替。

在大海中航行的轮船，由于波浪的影响而会产生晃动（图4−40）。据资料介绍，如果不采取措施，即使在正常的海浪下，晃动的幅度也可高达18°。波浪的影响就是作用在船

上的干扰。

轧钢厂的轧辊机速度控制系统也是一个存在较大干扰的控制系统。当钢板通过轧辊机时，将产生巨大的负载变化或干扰。如图4-41所示，当钢板还没进入轧辊机时，轧辊机无负载；当钢板进入轧辊机时，轧辊机的负载将立即达到很大的值。这种负载的变化及影响相当于给轧辊转动附加了一个干扰力矩，使轧辊转动的速度变慢。

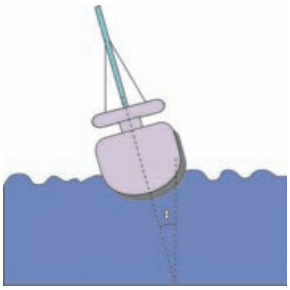


图4-40　晃动的轮船

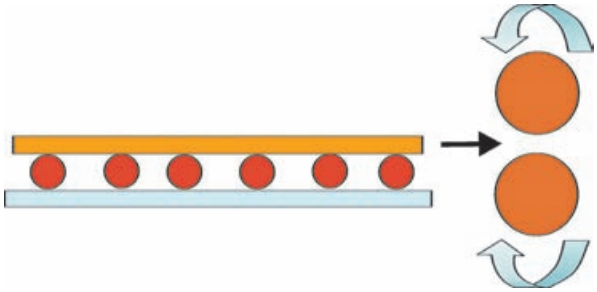


图4-41　轧辊机

讨论与分析

1. 在出现干扰的情况下，干扰可以加到系统的哪个部位？开环控制系统和闭环控制系统哪个受干扰的影响小？为什么？

2. 列举出一些由于干扰的存在而使控制系统受到影响的例子。

二、克服干扰的基本方法

由于干扰的复杂性，较全面地讨论在系统中克服干扰的方法需要较多的控制原理的知识。这里我们只对克服干扰的方法作一些原则性的介绍。

由瓦特式速度调节器组成的速度控制系统和投掷飞镖的控制过程，我们可看出，当出现干扰时，具有闭环结构的速度控制系统比开环结构的投掷飞镖过程有更好的抗干扰能力。

一般来说，闭环控制系统能不断地修正控制效果，以减少被控量和基准量（希望值）之间的误差。所以闭环控制系统比开环控制系统有更好的抗干扰能力。另外，以干扰的性质来说，有些干扰是可以避免的，而有些干扰是不可避免的。如风对飞行中的飞机、导弹的干扰是不可避免的。对于这类干扰，我们只能在提高控制系统的性能上多下功夫；而对于有些干扰，我们可以采取消除、减弱的办法。如果在室内进行投掷飞镖活动，就可消除或减弱风对飞镖飞行的干扰；一些化学反应容易受到温度变化的影响，我们可以使它们在恒温环境中进行。可见，克服干扰的基本方法，就是要分析干扰的性质，然后对症下药。

设计与实践

设计项目

项目1：升国旗定时控制装置。

项目2：恒温箱的温度控制装置。

目的及要求

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

设计过程

1. 设计目标及要求。

讨论并列出具体的性能指标，如设定时间（项目1）、恒定温度（项目2）等。

2. 调查研究，收集相关资料。

（1）了解同类（或相关）项目（装置）的工作原理。

（2）收集整理相关的技术资料。

3. 初步设计方案。

（1）绘制简单的设计图纸，有条件可运用CAD软件绘制。

（2）列出所用的元器件清单。

4. 收集意见，修改设计方案。
5. 有条件可模拟系统方案的实施。

编写设计说明书

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

评价与小结

1. 分别评价各小组设计方案（表4–3），列出评价指标，并对评价指标进行量化。

表4–3　设计方案评价参考

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

（1）师生共同讨论，细化、完善评价指标。

（2）为不同的指标确定不同的权重。

2. 各小组设计方案的比较评价（表4–4），分别列出各个方案的优点和缺点。

表4–4　各组设计方案的比较评价

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

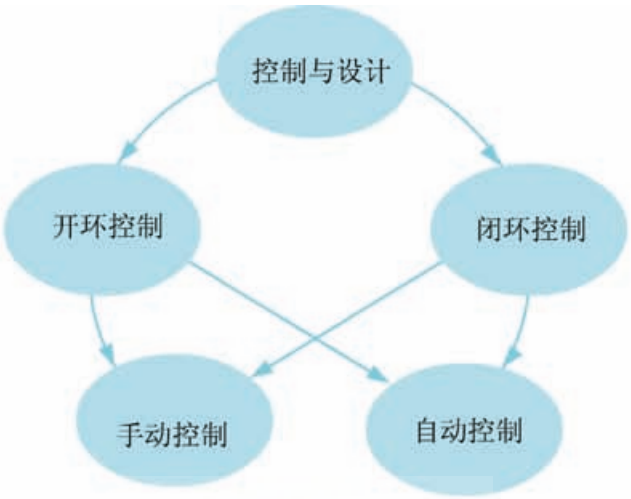
本节练习题

1. 根据《中华人民共和国民用航空法》规定，乘客在乘坐飞机时是不允许使用手机等无线通信工具的。这是为什么？

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

本 章 小 结

一、知识结构



二、回顾与评价

综合学习活动与练习题

（一）练习题

1. 投飞镖时希望击中靶心，骑自行车时希望到达预定的目的地。从控制的角度看，你认为哪个系统更容易实现它们的预定目的，为什么？

2. 列举一些身边控制系统的例子，描述它们的控制过程。

3. 电视制导导弹在天气不好即能见度较低时，其效果会受到影响，你能提出一种改进的方案吗？

4. 根据开环控制和闭环控制的定义，指出瓦特式速度调节器、电视制导导弹的控制系统以及投掷飞镖分别属于哪类控制，它们的反馈环节是由什么组成的。

5. 在人类的活动中，其实很多都是在进行着控制，分别列举出眼、耳、鼻、皮肤（触觉）起反馈环节作用的控制实例。是否有反馈环节的控制系统一定是闭环控制系统？为什么？

6. 有人说，在前面介绍的飞镖例子中，在飞镖被投掷出去后，投掷者的眼睛可以将飞镖的飞行路线反馈给大脑，存在反馈环节，所以飞镖的投掷过程对飞镖的控制是一个闭环控制系统。你认为这种说法对吗？为什么？

7. 分别列举出几个开环控制和闭环控制的例子，并比较它们的优缺点。

8. 自动路灯的控制系统（电路）能根据光线的明暗控制电灯的开关。自动路灯控制系统是闭环控制系统吗？为什么？用什么方法可以判断一个系统是开环控制系统还是闭环控制系统？

9. 机器人是一个复杂的控制系统，随着计算机等技术的发展，机器人的功能越来越强，发表你对未来机器人的看法。

10. 画出下列控制系统方框图。

（1）电风扇的机械定时开关控制。

（2）电冰箱恒定温度控制系统。

（3）汽车防盗报警系统。

11. 环境噪声是一种危害，如果要降低公路旁的噪声强度，你认为可以通过控制哪些量值来达到降噪的目的？

（二）制作实践活动

1. 制作一个动感幻灯机。

用厚纸或薄木板制作一个圆盘，在这个圆盘的接近边缘处开大小不同的圆孔（图4-42）。将圆盘的中心固定在一个直流小电极的转轴上。在圆盘下面放置一盏小电灯，用一个纸筒或隔板使电灯的光线只能从一个圆孔中穿过，这样，当电动机带动原盘转动时，我们可能会看到一个大小不断变化的光圈，效果是不是这样，请同学们动手试一试。

由于我们是让小电灯在圆盘转动时一直亮着的，所以我们实际看到的可能不是大小连续变化的光圈，而很可能是一条亮线，为什么？请同学们自己分析。

以下的方案将使动感幻灯机的演示效果更好。它的原理就是使小电灯只在圆孔到达它的正上方时才亮，其他时间都不亮，要实现这个目的可采用以下的方法：

（1）按图4–43所示做一个带齿圆盘，它的关键是每个齿尖要在圆盘周边各圆孔的中心线上。

（2）用薄铜皮制作一个如图4–44所示的开关。

（3）组装新的幻灯机（图4–45）。

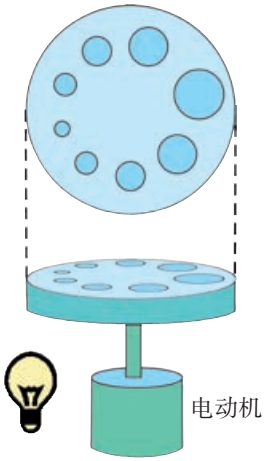


图4–42　动感幻灯机

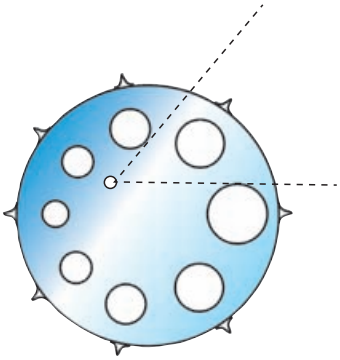


图4–43　带齿的圆盘

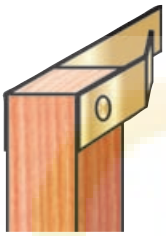


图4–44　开关

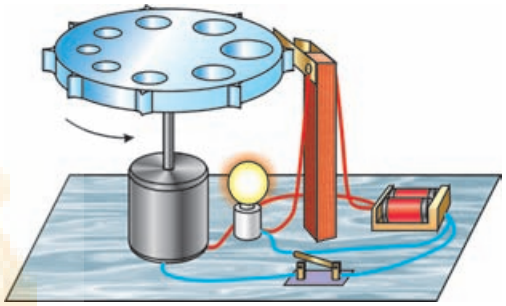


图4–45　改进后的动感幻灯机

幻灯机制作好后，我们可以试一试效果怎样。同学们可以将圆盘边缘的圆孔换成其他图形，将会得到很多有趣的结果。

2. 同学们可能都看到过挂在商店或宾馆墙上的应急灯（图4–46）。应急灯平时并不工作，但当交流供电系统出现故障时，控制系统（电路）会立即使应急灯工作，保证商店或宾馆的正常照明。人造卫星的能源主要由太阳能电池提供，但当卫星运行到照不到阳光的地球阴影中时，便要切换到卫星上的蓄电池供电系统。

图4–46　应急灯

在控制系统的设计中，有时出于安全或其他因素的考虑，往往要进行系统的切换。查找有关资料，研究这类控制系统切换方案的实现方法。

3. 制作一个音乐存钱盒，当将一个硬币放进去时，存钱盒会响一段音乐。

必修2综合学习活动

技术设计往往需要多种技术知识融合才能完成。以下我们给出了3个具体的项目，同学们也可以自己提出一些有意义并能够实现的项目。希望能将本书所学的4个专题知识融会贯通，灵活运用于这些实际问题的解决之中。

一、简易活塞式抽水器设计与制作

项目说明

活塞式抽水器又叫吸取式抽水器，整体结构如图1所示。它是根据大气压力及气体压强随体积的改变而改变的性质制成的。

将抽水器的进水管插在水中，提起活塞时，大气压使水推开阀门进入圆筒内；压下活塞时，活塞下面的水压在阀门上使阀门关闭，而水则通过活塞与筒身的间隙进入活塞上部。这样通过活塞的上下运动、阀门的启闭以及橡皮活塞的曲张，不断地将水源中的水抽上来，并使水从出水管流出。

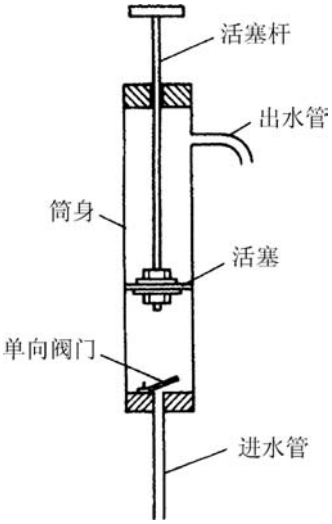


图1　活塞式抽水器

目的及要求

1. 活塞式抽水器是一个比较简单的系统。要求运用系统分析的基本思想和方法，分析活塞式抽水器的组成部分以及各部分如何互相配合来实现其抽水的功能。

2. 活塞式抽水器要能完成其抽水的功能，部件的材料选择和它的结构必须满足一定的要求（如筒身的结构、活塞的结构）。按照结构设计的思想和方法，对活塞式抽水器的各部件进行设计，并要求画出简单的设计图纸。

3. 设计出整项活动的工作流程和制作活塞式抽水器的工艺流程。

4. 完成活塞式抽水器的制作并检测其功能（能否将水抽上来）。

5. 分析成功或失败的原因，提出改进或优化的方案并实施。

活动形式

建议3～5人组成小组，分工合作进行活动。全班各小组之间可组织交流与互相评价。也可由老师、家长给予评价。评价的具体内容和方法可参照本书前面各章的要求。

讨论与分析

1. 何军同学一看到活塞式抽水器的图（图1）就马上说：“这不就和自行车打气筒一样嘛！”而张小峰同学却认为不一样。你认为是和自行车打气筒一样吗？打气筒能把水抽上来吗？（建议拿一个自行车打气筒拆开来看看）

2. 仔细观察活塞式抽水器的图样，分析活塞式抽水器由哪几个部分组成，各部分的功能是什么。要能够抽上水来，各部分应该如何配合，它和自行车打气筒各有什么特点？

3. 你认为活塞式抽水器最关键的部件是什么？你准备如何设计？

提示：

（1）筒身要能承受一定的压力而不变形，筒身要直，内壁要比较光滑，最好是透明的，以便演示时可以观察其内部的情况。筒身内径大约4 cm，长度大约30 cm。

（2）活塞要和筒身很好地配合，活塞杆也要有一定的强度，受力时不能弯曲变形。

（3）当活塞向下运动时，进水管处的阀门关闭，筒内活塞下部水的压力使活塞边缘橡皮向上弯曲（圆橡皮能向上弯成碗状），活塞下面的水或空气能通过圆橡皮与筒身的间隙进入筒的上部；当活塞杆向上运动时，活塞与筒身间处于密封状态，活塞上方的水及空气从小水管排出，实现抽水的功能。如果活塞杆上下运动时橡皮圈不能和筒的内壁像以上所讲的那样配合，就不能把水抽上来。

（4）单向阀门是进水的控制器，要有较好的弹性。

（5）供参考选用的工具和材料。

工具：手摇钻、尖嘴钳、剪刀、打孔机。

材料：硬塑料圆管、橡皮塞或软木塞、细塑料圆管、自行车钢丝、自行车内胎（废品）、铁垫圈、螺母、木柄、平整薄橡皮、大头针、黏合剂。

拓展与应用

抽水、抽气、打气的装置都可以叫作唧筒，又叫作泵。

上述活塞式抽水器同样可以用来抽气，只要把它下端的进水管用一根乳胶管与待抽气的容器相连（图2），反复提压活塞杆，就可将瓶中空气抽出。同样也可以将储物胶袋中的空气抽出来。你不妨试一试。

在如图2所示的装置中，用什么方法可以检测活塞式抽气器抽瓶内的空气时瓶内所能达到的真空度？

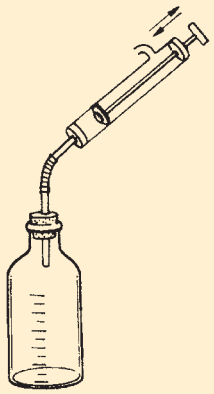


图2　活塞式抽气器

二、电动汽车模型设计与制作

项目说明

电动汽车模型（图3）是一个比简易活塞式抽水器较复杂的系统。它是由电动机、传动装置（变速器）、车轮、各种固定支架、车底板、车外壳、电池等几部分组成。

电动机作为驱动部分可采用玩具电动机，由于电动机的转速很高，不能直接带动车辆，所以要通过减速装置使汽车模型有一个较为合适的驱动转速。本模型是利用蜗轮–蜗杆减速机构把电动机的转速降为原来的5%，如图4所示。

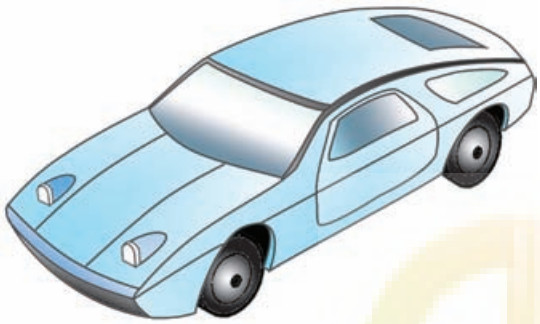


图3　电动汽车模型

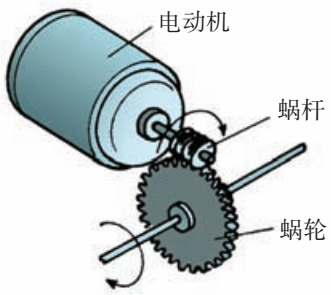


图4　电动机减速器

目的及要求

1. 要求运用系统分析的基本思想和方法，分析电动汽车模型的驱动系统组成及各组成部分如何互相配合来实现其功能。
2. 弄清电动汽车模型各组成部件的结构以及采用这种结构的好处。
3. 设计制作电动汽车模型的工艺流程。
4. 根据电动汽车模型各组成部件的结构，要求选择合适的材料；按照参考图纸，加工各种部件；完成电动汽车模型的组装（也可以自己设计图纸）。
5. 接通电池开关，使电动汽车模型正常行驶。
6. 如果不能正常行驶，要找出原因并加以改进，直到能正常行驶。

活动形式

建议参考活塞式抽水器设计与制作的方式进行。

讨论与分析

1. 李晓同学说：“不用减速器，用电动机直接带动车轮，汽车不是能跑得更快吗？”你认为是不是？

2. 如果电池极性接反了，会出现什么现象？
3. 如果不按照正确的工艺流程，能不能组装好电动汽车模型？
4. 制作电动汽车模型时，材料选择应考虑哪些因素？

制作指引

1. 固定支架由于要承受一定的载荷，所以在选材和结构上都应保证构件受力时不会变形，一般用铁皮制作（图5）。

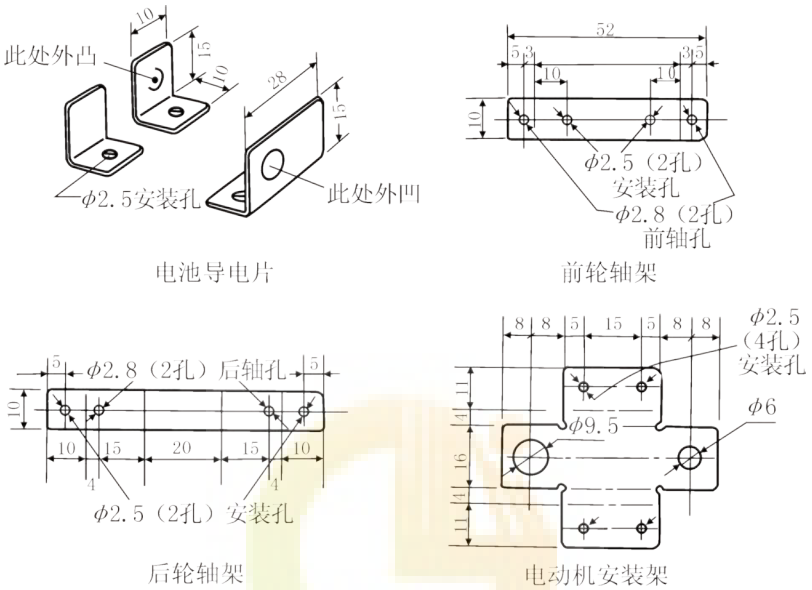


图5　各种支架

2. 汽车模型底板要承载一定的重物，要有一定的强度和厚度，为了便于加工，车底板可采用三夹板来制作（图6）。图7是部件在车底板上的装配图。

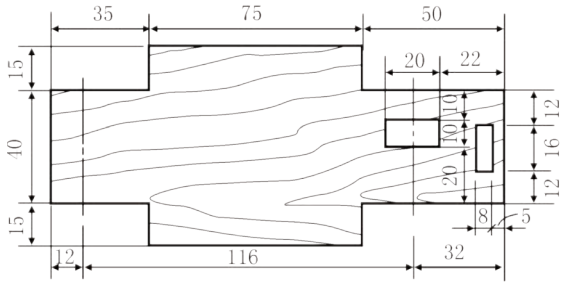


图6　汽车模型底板

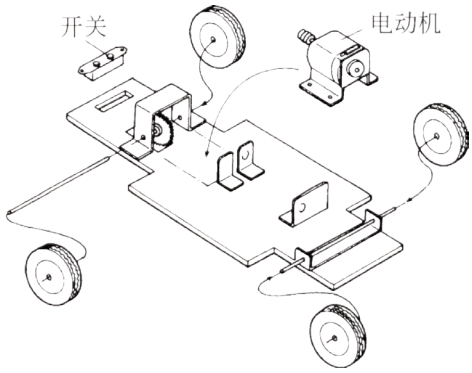


图7　车底板安装

3. 汽车模型外壳（图8）是壳型结构，为了减轻车身的自重和方便加工，汽车模型外壳可采用厚卡纸（画报纸或挂历纸）制作，而在关键部位粘贴加强骨架来增加其强度，如图9、图10、图11所示。图8汽车外壳的尺寸数据需要和图9、图10加强骨架的尺寸数据配合。图9、图10已经给出了数据，图8的数据就由同学们自己计算和设计。

4. 模型车能否很好地向前直驶，关键在于整个驱动部分包括电动机和传动部分的配合是否协调。在安装电动机时，电动机轴上的蜗杆与后轮轴上的齿轮啮合不能太松或太紧。如果啮合太紧，电动机带动不了齿轮则会“咬死”；啮合太松则造成滑脱，使电动机空转。

5. 调整好电池的极性位置并标上正确的记号，以免弄错（图12）。

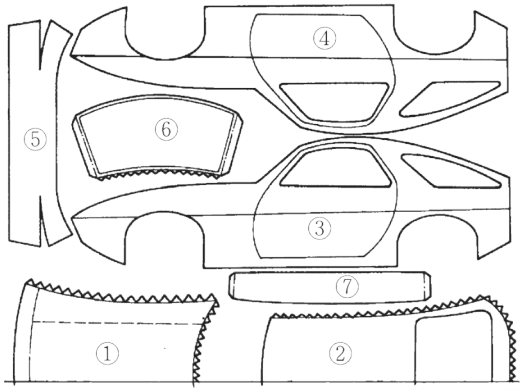


图8　汽车模型外壳部件

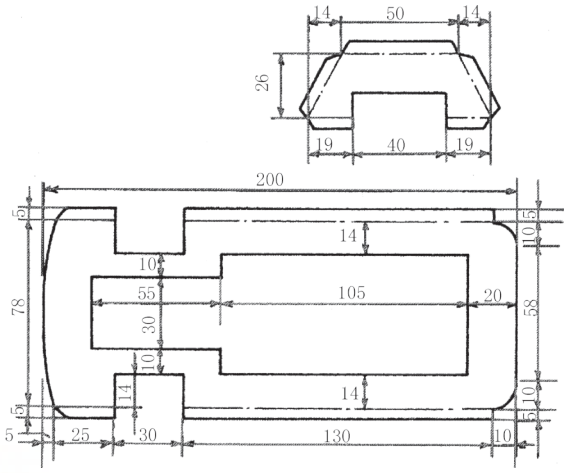


图9　外壳加强骨架

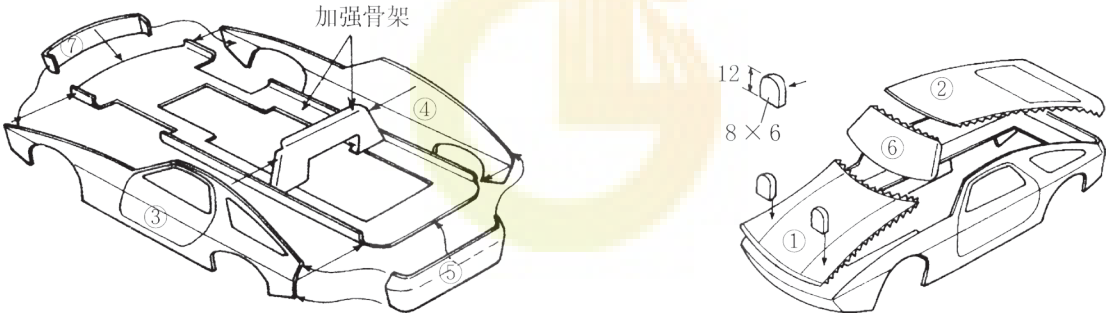


图10　外壳和加强骨架组装

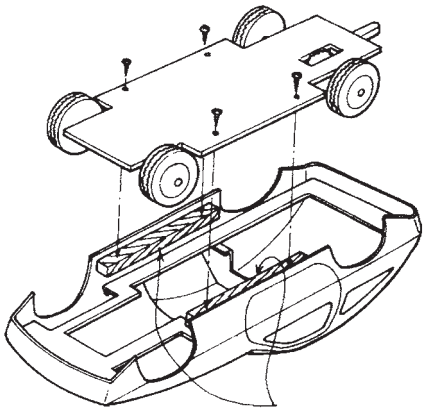


图11　外壳和底板组装

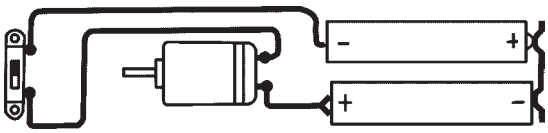


图12　电池安装

6. 选用工具和材料参考。

工具：手工锯、小刀、手摇钻、小榔头、电烙铁、螺丝刀。

材料：130型玩具电动机、拨动开关、玩具用塑料蜗杆（或铜蜗杆）、齿数为20的玩具齿轮、玩具车轮、铁皮、木条、钢丝、青铜皮。

拓展与应用

可以将汽车模型改造成船模型，如以下介绍的水陆两栖船模型设计与制作。

三、水陆两栖船模型设计与制作

项目说明

既能在水中航行，又能在陆地上行驶的船，称为水陆两栖船。水陆两栖船模型是比电动汽车模型更复杂的系统。水陆两栖船模型如图13所示，这艘水陆两栖船模型巧妙地利用一只电动机作动力，既能带动螺旋桨使船航行，也能带动车轮转动。螺旋桨需要高速，而车轮需要低速。一只电动机如何解决这个矛盾？这就要正确使用蜗轮、蜗杆减速器，电动机与蜗轮、蜗杆配合。我们在前面介绍的电动汽车中已经知道了蜗轮、蜗杆的构造和用法，希望同学们能将它移植到水陆两栖船上，带动螺旋桨高速转动，而带动车轮低速转动。

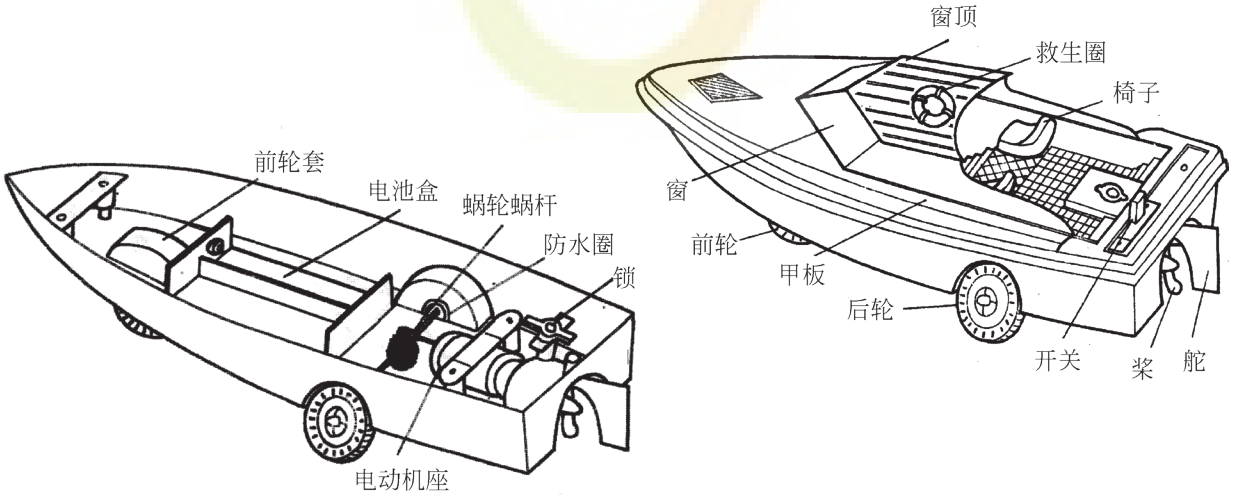


图13　水陆两栖船模型

目的及要求

本模型的制作可以有难、易不同的两种方案。同学们可以根据自己的实际情况选择一种方案。

1. 较容易的方案是先在市面上买回水陆两栖船模型材料一套，然后按图自己组装调试。这种方案可以培养识图能力，并要求设计正确的装配流程，要按照正确的流程装配好水陆两栖船模型。

2. 较难的方案是根据模型效果图，运用已经学过的结构设计、系统设计的知识自己设计图纸，并制作一部分自己能够加工的部件，如船体及固定支架等（可参考电动汽车模型的设计图纸）；再购买部分自己难以加工的部件，如电动机、轮子、桨、蜗轮、蜗杆等。

3. 为了使水陆两栖船模型在陆地能用轮子行驶、在水中能用螺旋桨航行，而动力系统在两种情况下都能正常工作，要求将各传动部分配合得很协调，各种情况都能运转自如。

4. 分析水陆两栖船模型的螺旋桨和蜗轮、蜗杆的结构特点和作用。

活动形式

参照前面的内容的形式或你认为合适的形式来组织活动。

讨论与分析

1. 你知道为什么螺旋桨要高速旋转，而车轮要低速旋转吗？（可查资料找答案）

2. 你在这个活动中遇到了什么困难？你有解决的办法吗？如果遇到你和你的小组成员不能解决的困难时，你们打算怎么办？

本“综合学习活动”参考了上海科技教育出版社2001年版的《青少年科技活动大全》。

绿色印刷产品

ISBN978-7-5359-5544-9

定价：15.55元
（附光盘一张）

批准文号：鄂价工服〔2016〕65号　举报电话：12358