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

地质出版社

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

JISHU YU SHEJI 2

《通用技术》编写组 编



地质出版社

微信公众号：电子课本大全

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

《通用技术》编写组　编



地质出版社

·北　京·

微信公众号：电子课本大全

主　　编：孙世强　鲍　珑　陈玲玲
本册主编：张家余

绿色印刷　保护环境　爱护健康

亲爱的同学：

你手中的这本教科书采用绿色印刷方式印制，在它的封底印有“绿色印刷产品”标志。从2013年秋季学期起，北京地区出版并使用的义务教育阶段中小学教科书全部采用绿色印刷。

按照国家环境标准（HJ2503—2011）《环境标志产品技术要求 印刷 第一部分：平版印刷》，绿色印刷选用环保型纸张、油墨、胶水等原辅材料，生产过程注重节能减排，印刷产品符合人体健康要求。

让我们携起手来，支持绿色印刷，选择绿色印刷产品，共同关爱环境，一起健康成长！

北京市绿色印刷工程

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

责任编辑：杨友爱　王永奉
出版发行：地质出版社
咨询电话：（010）66554588（编辑室）
网　　址：http://www.gph.com.cn
电子邮箱：wyf8232@sohu.com；zjklzs@163.com
传　　真：（010）66554601
社址邮编：北京市海淀区学院路31号，100083
经　　销：各地新华书店
印　　刷：山西华文科杰印业有限公司
开　　本：890mm×1240mm　1/16
印　　张：9.25
版　　次：2011年7月第2版·2018年7月第8次印刷
批准文号：京发改［2007］1043号—051　　举报电话：12358
定　　价：15.95元（内附光盘一张）
书　　号：ISBN 978-7-116-04025-0

（如对本书有建议或意见，敬请致电本社；如本书有印装问题，本社出版处负责调换）
本教材服务网站：中国通用技术教育　http://www.rbloc.cn

微信公众号：电子课本大全

目　录

致同学们

第一章　结构与设计 (2)

第一节　初识结构 (3)

一、结构实例展示

——结构的概念 (3)

二、结构的功能与分类 (6)

第二节　典型结构案例分析

——结构是怎样受力的 (10)

一、单杠结构分析 (11)

二、棚室屋架结构分析 (12)

第三节　结构的强度与稳定性 (20)

一、怎样理解“结实”和“稳” (20)

二、应力与强度 (23)

三、影响结构强度的因素 (25)

四、稳定性概念 (28)

五、影响结构稳定性的因素 (29)

第四节　学做结构设计 (33)

一、壁挂式简易衣帽架原型制作 (33)

二、秋千模型结构设计 (34)

第五节　欣赏和评价典型结构设计 (36)

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

一、典型结构设计的欣赏
——上海浦东国际机场 …… (36)
二、典型结构设计的评价 …… (36)
学习结构与设计的小结 …… (37)

第二章　流程与设计 …… (38)
第一节　了解流程 …… (38)
一、什么是流程
——两个实例展示 …… (38)
二、流程的含义
——两个实例的小结 …… (40)
第二节　流程分析 …… (40)
一、典型案例分析 …… (40)
二、识读流程图 …… (46)
第三节　流程设计应考虑哪些基本因素 …… (54)
一、流程设计应该考虑的基本因素 …… (54)
二、学画流程设计的框图 …… (55)
第四节　流程是怎样优化的 …… (56)
一、一个简单流程的评价 …… (56)
二、一个较复杂流程的分析与优化 …… (57)
三、流程优化的目的与条件 …… (60)
四、流程优化的启示与思考 …… (61)
第五节　我们也来做流程设计 …… (62)
一、自己动手，改善我们的活动与环境
——选题学做流程设计 …… (62)
二、流程设计后的思考 …… (66)
学习流程与设计的小结 …… (67)

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

第三章　系统与设计 …… (68)
第一节　揭开系统的面纱 …… (68)
一、大棚温室内部环境
——人工营造系统实例 …… (68)
二、智能化大楼
——当代智能化系统实例 …… (70)
三、系统的含义与分类 …… (74)
第二节　系统的基本特性分析 …… (76)
一、波轮式全自动洗衣机系统分析 …… (76)
二、龙舟赛艇系统分析 …… (80)
三、系统的基本特性 …… (84)
四、系统分析的基本方法 …… (85)
第三节　系统的优化 …… (86)
一、建造隔音墙改善小区环境系统
——系统优化的意义 …… (86)
二、假如你是村长：怎样为本村筑好一条致富路
——影响系统优化的因素 …… (90)
第四节　简单系统设计的基本方法 …… (95)
一、简单的系统设计案例分析 …… (95)
二、简单系统设计的基本方法 …… (98)
三、系统设计的基本原则 …… (98)
第五节　你就是一位系统设计师
——学做简单系统的方案设计 …… (100)
一、命题：赛事系统方案设计 …… (100)
二、设计与评价 …… (100)
学习系统与设计的小结 …… (101)

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

第四章　控制与设计 …… (102)
第一节　什么是控制 …… (102)
一、控制实例展示 …… (102)
二、控制及其应用 …… (104)
第二节　控制系统的基本组成与工作过程 …… (105)
一、典型控制系统案例分析（一） …… (105)
二、控制系统的基本组成与工作过程 …… (109)
第三节　控制系统框图 …… (112)
一、控制系统框图的绘制方法 …… (112)
二、控制系统框图中的通道与环节的作用 …… (113)
第四节　控制系统的干扰 …… (114)
一、典型控制系统案例分析（二） …… (114)
二、干扰因素 …… (117)
第五节　控制系统方案的初步设计 …… (120)
一、如何形成初步的控制设计方案 …… (120)
二、控制系统方案初步设计方法的讨论 …… (129)
第六节　控制系统的实现 …… (131)
一、在控制系统制作中显身手 …… (131)
二、学会控制系统（装置）调试 …… (133)
三、评价与改进 …… (134)
学习控制与设计的小结 …… (136)

技术与设计 2 的学习总结 …… (137)

图片欣赏 …… (119)

微信公众号：电子课本大全

致同学们

我们生活在科学技术高速发展的时代。我国载人航天成功，实现千年遨游太空梦；长江三峡顺利截流发电，高峡出平湖；水稻育种结硕果，世界领先……一个又一个重大科技创新之花怒放，发明之果沉甸甸。我们为祖国而骄傲，为时代而自豪。我们今天努力学习科学技术与文化，是为了明天奋发工作，把我们的国家建设得更壮丽，把我们的时代变得更发达！

我们将要学习的通用技术，应用广泛，具有宽广的迁移价值。“技术与设计2”中的“结构与设计”、“流程与设计”、“系统与设计”、“控制与设计”，四个主题都是具体的、通用的技术。它们具有典型意义，并与技术的发展密切相关联。学习这些技术与设计的基本思想和基本方法，将使我们终身受益。学习这些技术与设计的基本思想和基本方法，将使我们适应新世纪的科技发展、知识经济发展，以及社会可持续发展的需要，成为有用的人才。

学习“技术与设计2”，我们要注意以下几点：

1.围绕教科书内容，以技术设计为主线，认真钻研各主题的技术与设计要点。充分调动自己的感知、思维、想象，进行调查研究、批判性思考、创新性想象，增强各种思维能力，努力提高技术理论素养。

2.参照教科书中的案例，触类旁通，举一反三。密切联系实际，挖掘技术实例，既动脑又动手，做好剖析、试验、实习、设计制作、交流、评价各环节，努力提高技术实践素养，培养动手解决技术问题的能力和技术应用能力。

3.发扬在老师引导下的团队合作精神，把学习技术课程的过程，变为一个创新的过程。在学习过程中，要以多种视角、多种思路、多种方法去探究一个个技术问题，完成一项项设计任务，努力造就我们的创造品质，提高我们的创新能力。

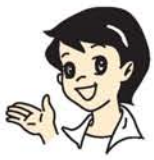
4.学习技术课程，尤其是“技术与设计2”，难免会遇到困难，会感到辛苦。我们要以坚强的意志力，鼓起战胜困难继续前进的勇气，努力增强我们的耐挫力，磨炼我们的意志品质。

同学们，努力吧！

微信公众号：电子课本大全

第一章

结构与设计



本章学习伊始，让我们先来看三组图片(图 1–1)吧。













① 天安门城楼
② 金字塔
③ 卢浦大桥
④ 收割机
⑤ 磁悬浮列车
⑥ 电力输电铁塔
⑦ 计算机
⑧ 压力锅
⑨ 篮球架



图 1–1 不同结构设计的产物

微信公众号：电子课本大全

类似上面图片中的各种建筑物、生产运输机器及生活学习用具，为我们的物质文化生活提供了方便。其中，有许多杰作已成为人类不朽文化的象征。你知道它们有什么共同点吗？那就是它们都要承受和抵抗各种各样的力，抵抗由此引起的可能变形。你想知道它们是怎样建造出来的吗？尽管它们各有用途、各具特色，然而它们都是结构设计的结果。

学习结构技术，体验简单结构设计过程及结构的和谐、简练和经典，有助于我们处理简单结构设计问题，解决生活中的各类问题，拓宽思维和想象空间。

第一节　初识结构

我们天天都要坐的椅子或凳子，不仅要承受人的体重，而且还要承受人体活动所产生的其他力。那么，椅子或凳子应该怎样构造呢？设计时，首先要考虑它们的结构是否能承受这些力。同样，设计火箭时，也要考虑火箭的外壳与内部结构是否能承受相应的力。总之，进行每项设计，都会遇到对象承受力的问题，都要做到使设计的产品既牢固，又方便使用，外形还要美观。为此，我们先来探究什么是结构及其相关问题。

一、结构实例展示
——结构的概念

【实例 1】古老的板凳

大家一定见过或使用过像图1–2中的板凳。它由凳面和凳腿两部分组成。凳面和凳腿是怎样搭配和组合的呢？3张板凳有什么不同？要从技术上说清这个问题，并不那么简单。让我们先从“怎样构造”的角度进行讨论。

问题思考

试想一下，人坐在板凳上时，会给板凳施加什么样的力？板凳的横挡承受什么样的力？



(a)　(b)　(c)

图 1–2　板凳

微信公众号：电子课本大全

板凳(a) 装有4条腿，而且腿与腿之间略呈“八”字形态。

板凳(b) 加装了两条短横掌。它们将左端两腿和右端两腿分别牢牢地连接在一起。

板凳(c) 又加装上了1条长掌，将左端两腿和右端两腿也连接在一起。

问题思考

想一想：如果板凳(a)断了1条腿，或者将板凳的4条腿都做成直上直下的形状，那么人坐在上面还能像原来那样稳当(稳定)吗？板凳(b)的两条短掌起了什么作用？板凳(c)的那条长掌又起了什么作用？

要注意到：3种板凳的凳腿和凳面之间、腿与横掌之间、长掌和两小横掌之间的连接，都采用了榫卯连接。

物体的主体框架与构造形式，一般称为**架构**。比较3种板凳：(a)的架构最简单，(c)的架构最复杂，(b)居中；(c)最结实，特别是当凳子较长的时候；三者的稳定程度基本是一样的，但结实程度不同。

问题思考

榫卯连接方式，制作比较复杂。如果用钉子或螺钉连接，制作不是更方便吗？为什么要采用榫卯连接？

【实例2】吊车与吊桶

你见过工厂车间里的天棚吊车吗？见过工地现场的车载吊车吗？见过村头水井的吊桶吗？如图1–3所示。



天棚吊车　　车载吊车　　辘轳式吊桶

图1–3 吊车和吊桶

微信公众号：电子课本大全

车间里、工地上的许多重物，从一个地方搬运到另一个地方，都需要用吊车；从深井里打水，需要用辘轳式吊桶。满足这些功能需求的吊车、吊桶是怎样构造的呢？

吊车的各组成部分之间的搭配与连接，采用了吊绳。辘轳式吊桶也一样。这是这类设备在构成上的一个共同点。吊车吊运工件或重物，吊桶提取井水，尽管用途、操作方式不一样，然而，它们都是利用吊车上的电动机或辘轳的牵拉力，并借助吊绳来实现吊的功能、完成吊的过程。

作为部件的吊绳，其架构形态是多样的，使用的材料也是多种的，参见图 1–4。



图 1–4 几种绳索

试一试

从“怎样构造”的角度，分析吊车、吊桶的搭配与连接。

【实例 3】蛇皮管灯具

案头学习或工作时，大家都希望台灯具有方便调整高度的功能。如果用一根能方便弯曲的软管去支撑台灯灯头，会是什么结果呢？在用手施加的外力作用下，软管可以弯曲到人们所期望的程度。可是，当手松开的时候，软管将会反弹，弯曲的效果不尽如人意。蛇皮管台灯（图 1–5）可以满足上述功能需求。因为，只要适当地弯曲蛇皮管，就可以获得理想的采光。蛇皮管作为这种台灯中的一个主要部件，主要起到支撑灯头、灯罩的作用。



图 1–5 蛇皮管台灯

小资料

跳水赛场里的跳板

在观看跳水比赛时，水池上方悬空伸出来的跳板，是那样地引人注目。当跳板上无人时，它是平直的。当运动员在板端起跳时，跳板因受到很强的外力而产生明显的弯曲变形，见图 1–6。跳板是悬臂梁受力变形的典型实例。然而，在受力产生弯曲变形这点上，跳板与台灯的蛇皮管有相似之处。



图 1–6 跳板受力变形

微信公众号：电子课本大全

二、结构的功能与分类

上面各例留下了许多问题：板凳、吊车与吊桶、蛇皮管台灯的功能是什么？凳腿与凳面、吊车与吊绳以及台灯座、灯头与蛇皮管之间是怎样搭配和排列的？它们在使用中各受到哪些外力的作用？

1.结构的含义与功能

板凳，采用榫卯或钉子连接、腿之间加掌或不加掌、用四条腿或是三条腿，板凳的结实或不结实、稳定或不稳定，是不一样的，这些形态和性质都是由结构决定的。

结构是指物体的各组成部分之间的搭配和排列，确定的搭配和排列决定了物体的性质和形态。结构的各组成部分，通常称为**构件**。

物体会受到各种各样的力。例如，人坐在板凳上，板凳承受了（人的体重）自上向下的压力；吊车吊起重物时，吊绳承受了沿绳长方向的（重物）拉力；调整蛇皮管台灯到合适的位置，蛇皮管受到与其轴线相垂直的外力，随之产生弯曲变形。因此，结构是可承受一定力的架构形态，它可用来抵抗引起形态和大小改变的力。简单地说，结构是为了承受力和抵抗变形，这便是结构的本质。

2.常见结构的类型

板凳应既牢固，又稳定；蛇皮管台灯应便于调节，且调节后不会反弹。这说明：物体的结构是由物体的功能和需要决定的，而物体的结构又决定了物体的性质和形态。物体的结构是多种多样的，其分类也是多种多样的。从力学的架构与形态考虑，结构一般有如下的分类：

（1）实心结构

房屋的墙体、水库的大坝、古代的城墙等，都属于实心结构，见图1–7。它的特点是能承受较大的压力。

这类结构的特征是几何外形简单，通常有杆（柱）、板、体等之分。



大坝　　墙体　　古城墙

图1–7 实心结构实例

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

实心结构实例

木制板凳的凳面和凳腿都是实心的。人坐上去的时候，凳面承受正压力，这个正压力分解传递到四条腿上。凳面只要具备足够的厚度，凳腿具备合适的粗细，它们就能承受住压力，而不会产生明显的变形。

水库大坝属于实心结构。大坝除了受自身的重力作用之外，主要承受库内贮水作用于坝体上的巨大且持久的压力，还要承受大风作用于大坝的侧力等。大坝的结实与稳定，是确保水库安全的根本。为此，大坝坝体的宽度与坡度、采用的材料、修筑工艺等方面，都需经过科学的设计和严格的施工。

(2) 框架结构

教室的门、窗常用木框架，如图1–8所示。现在有了铁框架、塑料框架和塑钢框架。塑料大棚的棚体，可以是钢铁框架，也可以是竹木框架；自行车车体是钢管桁架式框架；输电铁塔是铁质桁架式框架，等等，这些都是框架结构。它们由梁、柱、杆、管等组成。



图1–8 门窗的框架结构图

框架结构的特征是几何外形较为复杂，能承受垂直和水平荷载，依据功能和使用条件的不同，可以设置成不同框架的组合。框架结构通常由杆件组成，也有用板件组成的。这里的杆或板，可以是实心的，也可以是空心的。由于框架结构的制作较为方便，又能节省用料，在实际中被广泛采用，如图1–9所示。

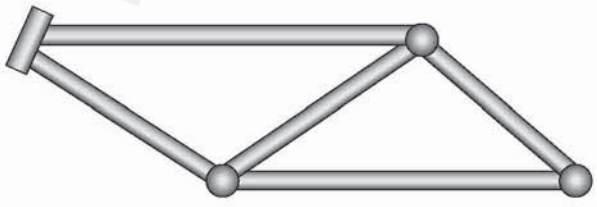


图1–9 自行车车体是两个三角形框架组合

(3) 壳体结构

日常使用的各式各样的饮水杯、储水壶、文具盒、储蓄盒，用钢板制成的装甲车，用于太空飞行的舱体，工业储油的球形大油罐，运油的圆柱形车载大油罐，航道标志用的浮标等，从架构与形态上看，都属于壳体结构（见图1–10）。

微信公众号：电子课本大全



图1—10 壳体结构实例

壳体结构的特征在于壳体内空，受力合理，形态稳定。壳的几何形状有折线式（方形、长方形、多边形）的、圆弧形的和拱形的等。

问题思考

各种头盔，常见的都是圆弧形结构。为什么这样做呢？当这种头盔受到外力冲击时，外力将由弧面整体分担承受，抵抗变形。如果将头盔做成长方体形或是多面体形的，受外冲击时，外力将主要由接触点所在的小平面承受，易使壳体变形。联系实际生活，找出一些圆弧形壳体结构、多面体形壳体结构的实例，指出它们的应用场合。

阅读材料

自然界中的壳体结构何其多

自然界中的椰子、桂圆、西瓜、贝类、蛋、龟等，都属于壳体结构。它们遵循着适者生存的法则，经过漫长岁月的演变，选择了最合理的外形。它们以较薄的外壳，获得了较大的承受外力的卓越性能。这一事实，给我们人类带来了发明创造的宝贵灵感！

微信公众号：电子课本大全

调查研究

对我们周围常见的结构实例进行归类，指出它们的应用场合，并分别填入下表，试画出草图。

表1–1 简单结构及实例

结构类型	实　例	应用场合
实心结构		
框架结构		
壳体结构		

在这些实例中，选择1～2个，讨论一下它们会承受什么样的力。

小资料

结构类型种种

按不同的依据，结构可有多种分类方式。而且，现实中的结构往往是多种结构类型的组合。从结构的几何形态来分，可有以下几种。

- 缆索结构

有位名人说：缆索结构之美，在于它既好看又符合机能。

缆索可以是线、绳索、细管等。缆索的形式有：在单线上挂一荷载；两端有支持点，在其中间处挂荷载，缆索呈V字形。这种缆索上的张力大小，需视缆索上的角度与荷载大小而定。

如帆船上的缆索与桅杆，缆索的作用是防止桅杆倾倒及挫曲。如图1–11所示。

- 桁架结构

桁架全由三角形组成，接头均为旋转接头，称为**铰接**。

大跨度建筑物的屋顶、大型桥梁等，常采用桁架结构。如图1–12所示。

- 空间桁架结构

空间桁架为立体桁架，即网架。三边金字塔和四边金字塔

微信公众号：电子课本大全

形较为普遍。许多加油站的棚顶，都采用不锈钢材料的空间桁架结构，壮观精美。空间桁架的剖面如图 1—13 所示。

● 球形空间桁架结构

球形空间桁架，是用桁架来形成一个球体，即球网壳，又称网弯。它有 4 面体、6 面体、8 面体、12 面体、24 面体等 5 种几何形状。球型桁架屋顶如图 1—14 所示。



图 1—11 带绳索的帆船



图 1—12 某体育中心的桁架结构

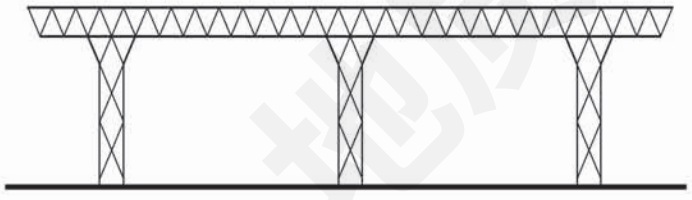


图 1—13 空间桁架结构剖面图



图 1—14 某圆顶大厦

第二节 典型结构案例分析
——结构是怎样受力的

不同的结构，具有不同的功能，能承受不同的力，抵抗不同的变形。结构如何承受力？如何抵抗住变形？现在来做典型案例分析。

微信公众号：电子课本大全

一、单杠结构分析

1.单杠的结构

单杠是常见的体操器械，结构并不复杂，如图1–15所示。

单杠的构件有：杠体，是器械的主体；立柱和拉杆，共同支撑杠体并承受荷载。单杠为什么要采用这样的结构呢？这需要做受力与变形分析。

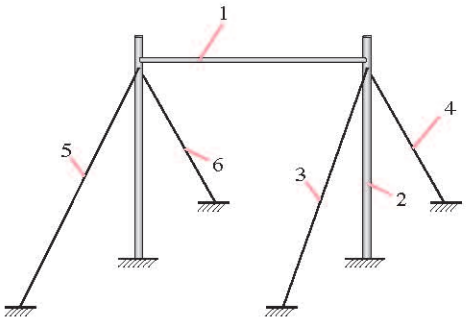


图1–15 单杠结构示意图

1．杠体 2．主柱
3、4、5、6．拉杆

问题思考

构件可由不同材料构成。图1–15所示的单杠，其构件各有什么特点？它们为什么要这样搭配和排列？

阅读材料

拉伸、压缩与弯曲

构件受外力作用时，要发生形状或大小的改变，这种改变常称为**变形**，物理学中称为形变。

前面的实例中，吊车的吊绳承受的外力是拉力，拉力所产生的变形为**拉伸**，组成材料（麻或钢丝）的粒子被拉开；板凳腿承受的外力是压力，压力所产生的变形为**压缩**，组成材料（木料或其他）的粒子被推近。拉力和压力都是荷载作用的结果。

当杆件受到与杆纵轴线相垂直的外力作用时，杆件产生的变形为**弯曲**。发生弯曲变形的构件，称为**梁**。

当板凳很长时，凳面可视为梁。此种凳面在人的体重（或重物）等外力作用下，会发生弯曲变形。只是这种变形可能很小，肉眼不易看出来。而跳水的跳板发生的弯曲变形却是非常明显的。弯曲变形如图1–16和图1–17所示。

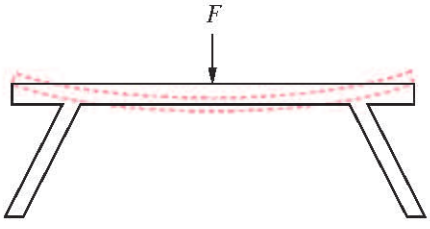


图1–16 长条板凳凳面变形示意图

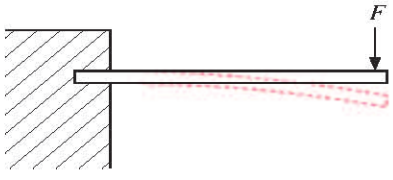


图1–17 跳板弯曲变形示意图

微信公众号：电子课本大全

问题思考

长条板凳的凳面和跳板，同视为梁。然而，在使用中，不让前者发生明显变形，却让后者发生明显变形。这是基于什么考虑而设计的？

2.杠体的受力与变形

单杠的杠体作为结构的基本构件，其工作状态不完全与跳板相同。单杠是具有双支撑点的梁，而跳板是只有单支撑点的梁（悬臂梁）。二者的支撑情况有别，受力与变形情况也就不一样。

运动员在杠体上做各种动作，如大回环等，通过握杠体的手，对杠体施加了外力，包括人体质量和回转运动产生的离心力，使得杠体发生弯曲变形。这种外力称为**弯曲力**。值得注意的是，杠体弯曲变形的方向，是随人体回转所到的空间位置变化而变化的，即杠体总是朝着人体所在的瞬间位置的方向发生弯曲。

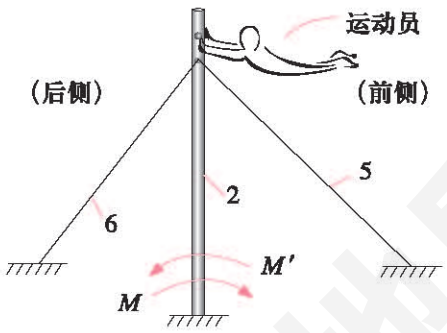


图1–18 单杠侧视图

图注同图1–15

3.立柱、拉杆的受力与变形

单杠的立柱，是总荷载（杠体和人体）的主支撑点。当人体静挂或静骑在杠体上时，两根立柱只承受压力。

当人体回转到单杠的一侧（如单杠的前侧）时，如图1–18所示，经过杠体传到立柱上端的外力将会对立柱产生**弯矩**M，使立柱产生弯曲（向单杠的前侧）变形的趋势。

此时，立柱就相当于根部固定于地基（埋在地下）的垂直梁。它以钢质材料、合适的粗细和根部与地面的牢固连接等因素，产生抵抗柱端的弯曲变形。同时，拉杆将起到配合立柱抗变形的作用。如杠后侧的两根拉杆6和4，被传给柱上端的外力所拉伸；反过来，拉杆6和4以及地基对立柱的反作用力，要产生一个与M方向相反的弯矩，记作M'。M'起到削弱、平衡M的作用，保持单杠整体稳定。

二、棚室屋架结构分析

日光温室和塑料棚，在现代农业生产中已被广泛采用；在城市，利用温室育花也屡见不鲜。我国地域辽阔，南

微信公众号：电子课本大全

北方的气候差异很大。因此，需要设计和建造因地制宜的日光温室和塑料棚的结构型式。

棚室屋架结构是怎样受力的呢？

阅读材料

棚室屋架的构成

图1—19为一种由砖、石、木构建的棚室主框架的剖面示意图。图中，屋面（棚盖）由前坡面和后坡面组成，棚膜（塑料薄膜）覆盖于前坡面上；屋面由梁承托，如图中的6、5、4、7；各梁分别由立柱和后墙支撑，如图中的2、3、1和9。

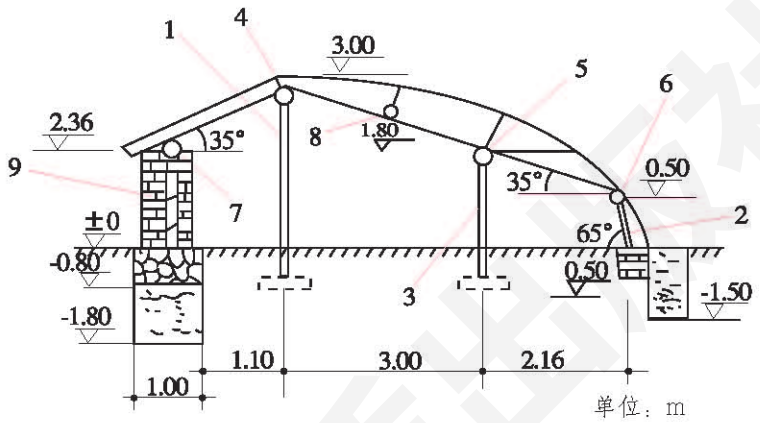


图1—19 棚室屋架的构成一例

1. 中立柱　2. 前立柱　3. 腰柱　4. 中梁　5. 腰梁　6. 前梁　7. 后梁　8. 支撑梁　9. 后墙

1.棚室荷载与立柱受力

棚室屋面下边的梁、立柱和墙，共同组成了荷载的主要支撑系统。这里的荷载，有**恒载**与**活载**之分。

对于立柱和墙来说，恒载包括屋面、梁（有时还有檩）的质量，属于不随时间变化而变化的**永久性荷载**；活载包括雪载、风载等，属于随情况变化而变化的**可变性荷载**。

荷载的存在，给立柱和墙主要施加以压力。这里的压力，由永久性荷载和雪载生成。图1—20表示了立柱受压力时的情形。图中，F_1为荷载施加于立柱的压力，F_2为立柱基础作用于立柱的反作用力，F_1与F_2大小相等、方向相反。



图1—20 立柱受压力示意图

微信公众号：电子课本大全

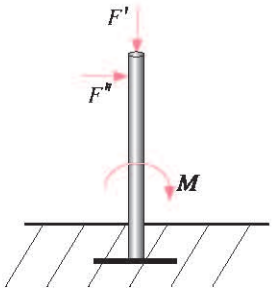


图 1—21 弯矩示意图

荷载中的风载，作用于棚室的情况比较复杂，它与风的作用方向有关。将风载生成的作用力，按沿着立柱轴线和垂直轴线的两个方向分解后，立柱受力的情形如图 1—21 所示。图中，F' 为沿立柱轴线方向的作用力（压力），F'' 为垂直立柱轴线方向的作用力（推力），而 M 为 F'' 对立柱根部形成的弯矩。

如前所述，压力要引起压缩变形；弯矩要引起弯曲变形。通过棚室结构的合理设计，立柱将会抵抗住压缩与弯曲两类变形。

2.梁的受力

荷载作用传到梁上，梁受力变形如图 1—22 所示。

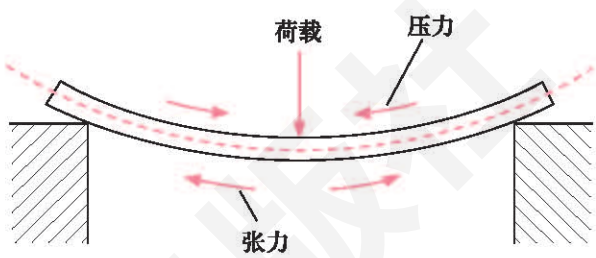


图 1—22 梁受力变形示意图

图中，梁的上部受压力，材料被挤压；下部受张力，材料被拉伸。

对棚室屋面的支撑梁来说，它受的力被传递到其支撑点（如立柱或墙）上，通过合理设计，可以使梁不产生明显弯曲。

防止梁过分弯曲的最简单方法，是在梁的下面增加支撑点。这样，梁传递下来的力就被分摊了。

3.拱结构的应用

图 1—19 所示的棚室顶盖呈曲线的外形。为什么要采用这种拱结构呢？

棚室结构一般多采用拱。**拱结构**，即中间高四周低呈弧形的曲面。拱结构对承受荷载有利。荷载压力作用于拱上，圆拱再把力传到其四周的支撑上。例如雪荷载，它是作用在屋面上的垂直荷载。屋面上积雪的程度不仅与降雪量有关，而且与屋面形状和坡度有关。屋面拱度愈大，积雪愈浅，雪压愈小。又比如风荷载，拱的弧形屋面同样要比平板形屋面有利（受力小）。

多注意观察，你就会发现：在较大的跨度情况下，建筑物多采用拱结构。这样的结构既有利于承载，又美观。

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

单杠和棚室屋架，其结构所承受的外力主要有拉力、压力和弯曲力。实际上，结构因其所负荷载形式的不同，相应承受的外力还有很多其他的力。

例如，桥的荷载有人、车及载重物、冰雪、大风等。因此，桥除承受拉力、压力、弯曲力之外，还承受因荷载分布不均匀、不对称而产生的**扭力**。

又如，梯子的横梁，除了承受压力、弯曲力之外，在横梁与支柱的两个交接处还要承受**剪切力**。大坝与此类似，除承受河水作用的压力外，由于水深的变化还要承受剪切力。

试一试

列举几种结构承受不同外力的例子。

阅读材料

梁、拱的受力示意图

1.梁的受力与变形

为了区别拉应力和压应力，常以“+”表示拉应力，以“－”表示压应力。

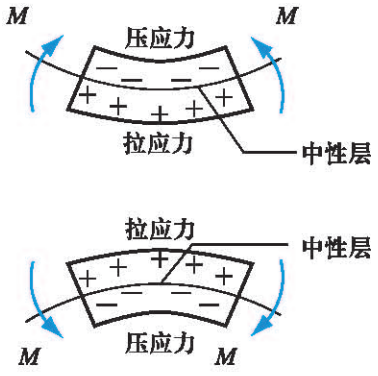


图1－23 梁的变形与应力

微信公众号：电子课本大全

梁受力后，一部分受压力而缩短，另一部分受拉力而伸长。两部分之间有一层不缩短也不伸长，称为**中性层**。

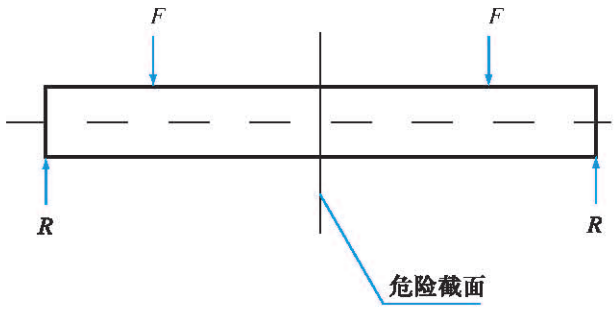


图 1—24 梁的危险截面

对于整个梁来说，弯矩最大的横截面上的应力也最大，这个截面称为**危险截面**。

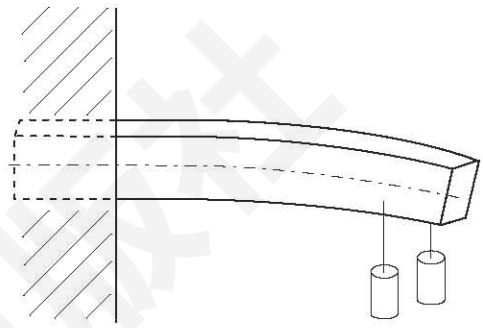


图 1—25 悬臂梁的受力变形

在相同荷载作用下，梁越长，梁的变形越大。

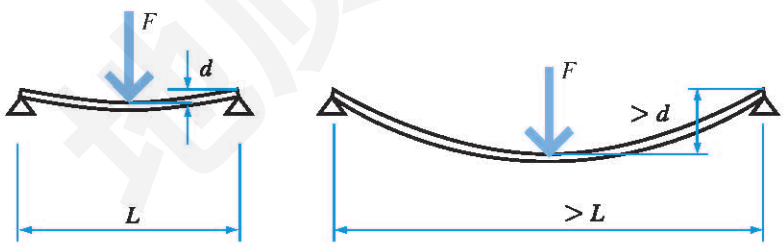


图 1—26 梁的变形与长度的关系

梁的变形和其剖面尺寸有关。梁的变形量和水平方向尺寸成反比；和垂直方向尺寸的立方成反比。

因此，若要加强梁的抗变形能力，将材料加在高度上，会比加在宽度上有效。

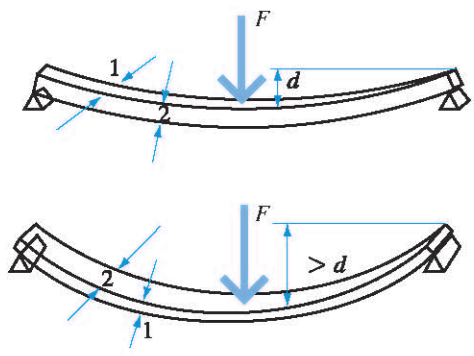


图 1—27 梁的变形量和梁的高度及宽度的关系

微信公众号：电子课本大全

梁抗变形能力和材料有关。木材和钢材，都能够抵抗压力和拉力，适合做梁。混凝土和石材，较能抵抗压力，却无法抗拉力。因此，要在混凝土梁上加钢筋，以避免产生裂变，它们通常被安排在拉力一侧。

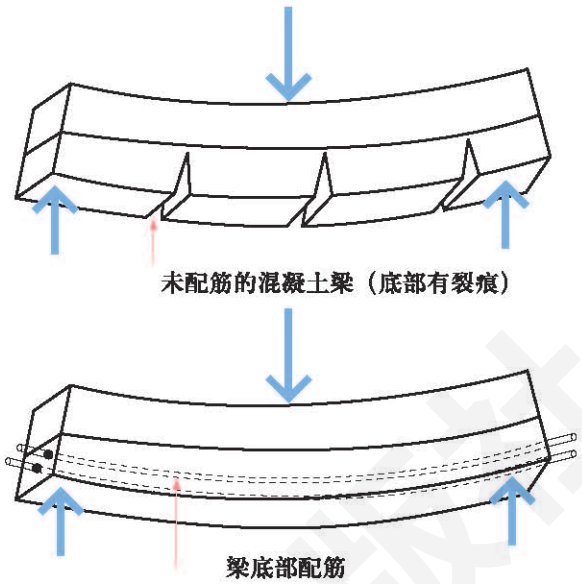


图 1—28 拉力加强材示意图

梁的变形和材料的弹性系数成反比。铝的弹性系数是钢的弹性系数的 1/3。

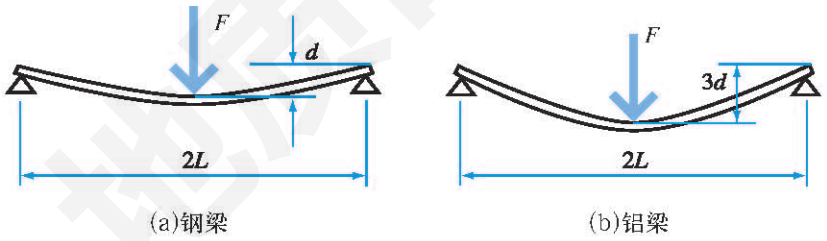


图 1—29 不同材质梁的变形

荷载越靠近梁的中央，变形量就越大。

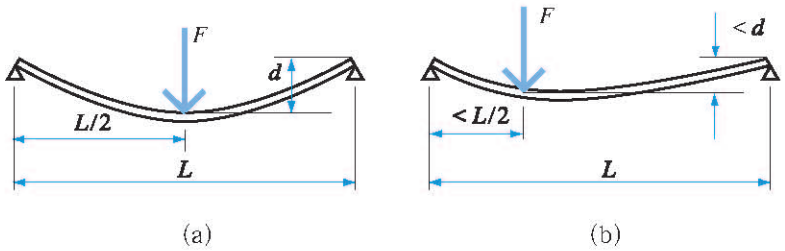


图 1—30 荷载位置与梁变形量的关系

微信公众号：电子课本大全

2.梁的受力与平衡

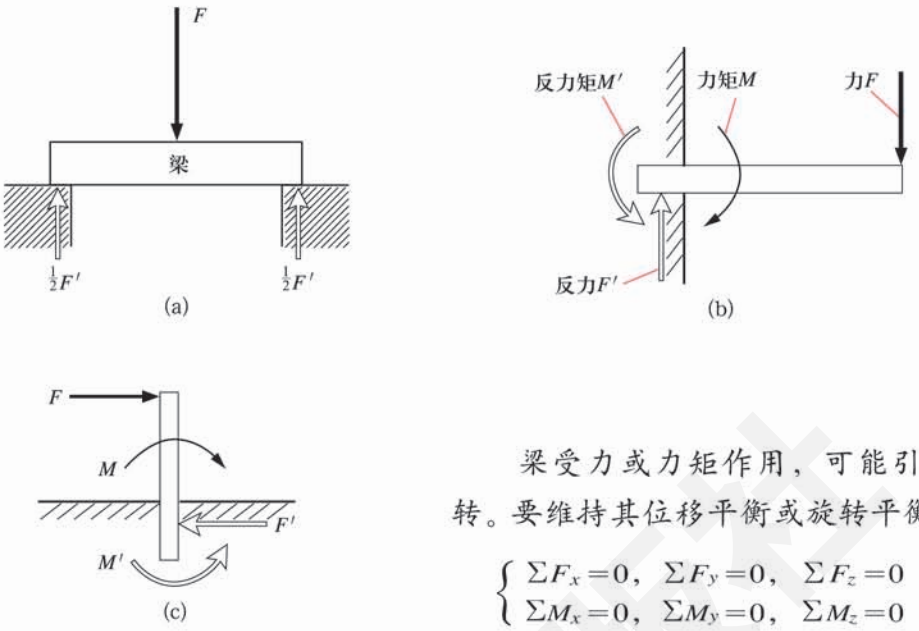


图 1–31 梁的受力与平衡

梁受力或力矩作用，可能引起位移或旋转。要维持其位移平衡或旋转平衡，必须符合

$$\begin{cases} \Sigma F_x=0,\ \Sigma F_y=0,\ \Sigma F_z=0 & (1-1) \\ \Sigma M_x=0,\ \Sigma M_y=0,\ \Sigma M_z=0 & (1-2) \end{cases}$$

其中，x、y、z 为三维坐标轴。

3.拱的受力

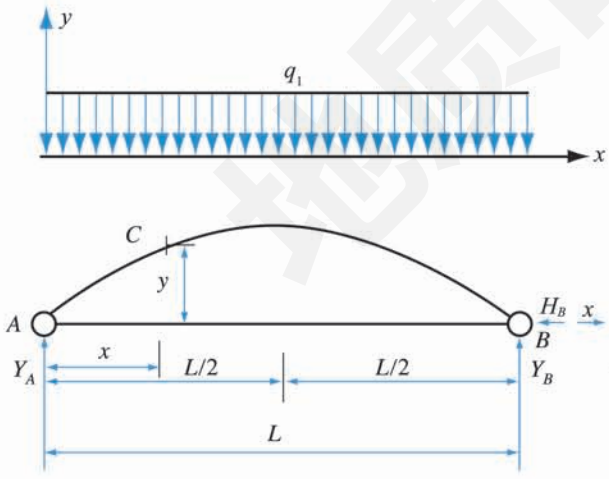


图 1–32 恒载＋全雪载受力示意图

恒载，对于大棚来说，包括拱、梁、塑料膜及连接件共同构成的恒定荷载。

Y 为支座竖向反力；

H 为支座水平推力；

q 为荷载；

x、y 为坐标。

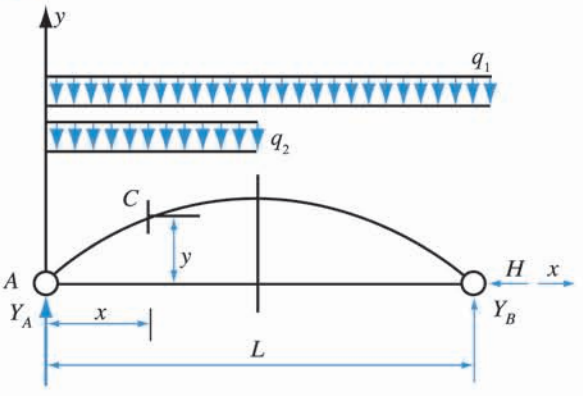


图 1–33 恒载＋半雪载受力示意图

微信公众号：电子课本大全

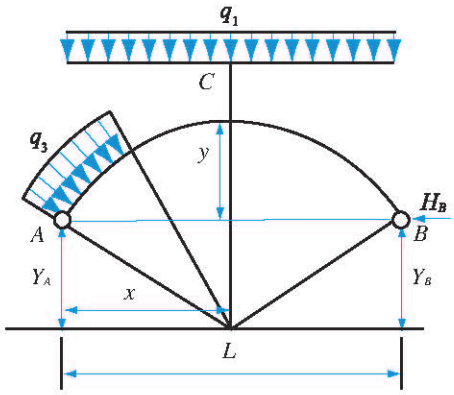


图 1—34 恒载＋风载受力示意图

拱是一种曲线形的结构。拱在竖向荷载作用下的水平反力方向是指向内的，常称为**推力**。由于这种推力的存在，拱结构任意截面内的弯矩，将比相当的梁在相同截面内的弯矩要小。拱结构一般比梁结构经济。因此，拱结构可以跨越较大的跨度。拱的示意图如图 1—35 所示。

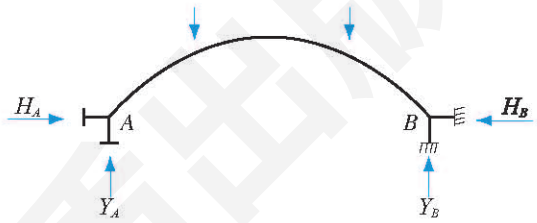


图 1—35 拱的示意图

拱的结构型式有三种：三铰拱、两铰拱和无铰拱。如图 1—36 所示。

一般大棚采用的是两铰圆弧拱。两铰拱的优点是由于两端是铰支座，因此支撑反力作用点的位置确定，计算比较简单。同时，支撑产生竖向沉陷时，两铰拱也不受什么影响（支座有水平变位时将引起两铰拱的内力）。常见拱多为圆弧拱和抛物线拱。

拱的应用很多，如天安门门楼的拱门、延安窑洞的拱门、赵州桥的拱形桥洞、砖窑的拱形门……

你见到过哪些拱的应用实例？说说看。

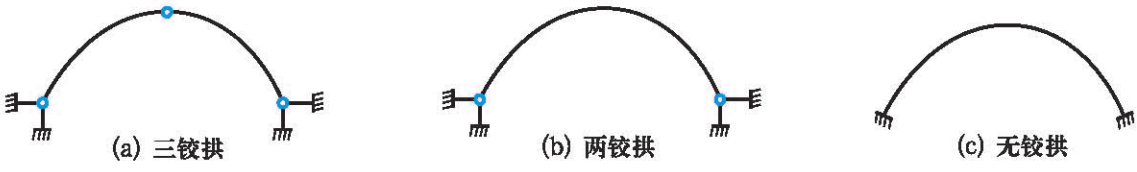


图 1—36 拱的结构型式

微信公众号：电子课本大全

自学技术

基本构件、拱

1.常见结构中的基本构件主要有：杆、柱、索、板、梁、筋、壳、膜，以及由它们演变、组合的座、桩、臂、球等。

这些构件适用在哪些场合？有什么功能？承受荷载与抵抗变形的特点是什么？

2.拱适用于哪些场合？有什么功能？承受荷载与抵抗变形的特点是什么？

带着这些问题，你可去图书馆或上互联网，查找有关资料。

第三节　结构的强度与稳定性

一、怎样理解“结实”和“稳”

1.问题的提出

我们或许亲自经历过、或许听到过类似下面的谈话：

“你的文具盒比我的结实。”

“我的椅子坏了一条腿，没有原先稳当了。”

请注意：这里强调的是两类词语，即“结实”和“稳”（也叫“稳定”）。结实或不结实，稳定或不稳定，都是对某物体的某方面性能的一种形容、一种描述、一种评价。

怎样科学地理解“结实”和“稳定”的概念？如何解释“结实”和“稳定”与否的原因？

2.先做几个技术试验

技术试验是一项既要动脑又要动手的活动，是学习技术与设计的重要环节与手段。为了方便试验的进行，这次技术试验将分为3个较小的项目。每个项目各有明确的预期目的，内容相对独立。

技术试验的总要求是：

（1）试验前，要提前做好准备，包括：器材准备、试验场地准备及参试人员分组准备等。

（2）试验分组进行，组内人员分工明确。各组可以做同一项目，也可以做不同项目。

（3）认真做好交流、讨论。

（4）认真写好试验报告（写报告的要求见后面）。

（5）切实做好安全防范。

微信公众号：电子课本大全

技术试验

试验 1　简易拉伸试验

试验项目：纸绳拉伸试验。

试验内容：抗拉伸研究。

试验器材：自制纸绳，弹簧秤 1 个。

纸绳的参考做法：用旧报纸裁成等宽的长纸条多条；将每个纸条卷成细长小纸卷，卷紧；用糨糊或胶水把露在外面的纸边粘住，做成直径相同的纸绳。

试验步骤：

1.将弹簧秤的一头固定，另一头留作固定纸绳用。

2.取一条纸绳，一端绑定于秤上，另一端用手拉。观察并记录纸绳变形与施力的情况，直到将纸绳拉断。

3.取两条纸绳并放到一起，重复步骤 2。

4.逐个增加纸绳数量，重复步骤 2，直到无法拉断多股的纸绳为止。

5.如有时间，可制成另一种直径的纸绳，重复步骤 2～4。

6.整理记录，小组讨论，提出这次试验的几点结论性看法。

7.写试验报告。

附：记录表格参考格式（表 1–2）。

表 1–2 试验记录表

受力情况	数据与现象	备　注

试验 2　简易弯曲试验

试验项目：板条弯曲试验。

试验内容：抗弯曲研究。

试验器材：宽木板条 1 条，参考尺寸为 200 mm × 80 mm × 3 mm；

窄木板条 3 条，参考尺寸为 200 mm × 15 mm × 3 mm；

小木块 2 块；

快干胶水，小铁钉若干。

试验步骤：

1.取宽木板条，将其两端用小木块支撑起来，在板条的中央向下施加压力，观察并体验木板条变形的情况。

2.取一窄板条，用胶水和小铁钉将其紧固于宽板条的中央（图 1–37）。重复步骤 1。

3.逐渐增加窄板条，重复步骤 2。

4.整理记录，讨论，得出结论。

5.写试验报告。

注意：操作时要注意安全。

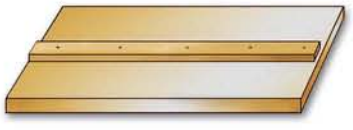


图 1–37 木板加板条示意图

微信公众号：电子课本大全

试验 3　简易组态试验

试验项目：杆件框架组态试验。

试验内容：框架结构稳定性研究。

试验器材：相同材质的杆件 5 根，每根杆件的两端备有可穿过螺栓的孔眼；螺栓螺帽 4 副。

试验步骤：

1. 取 3 根杆件，用螺栓将它们连接成一个三角形框架，再用螺帽固紧，如图 1—38 所示。在任一结点上施加外作用力 F，观察并体验各框架的受力与变形情况。

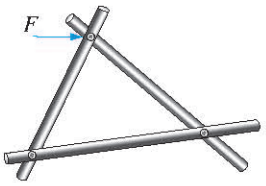


图 1—38　单三角形框架

2. 拆除三角形框架，重取 4 根杆件，组成一个四边形框架，如图 1—39 所示。在四边形框架的某一结点上施加外作用力 F，观察并体验框架的受力与变形情况。

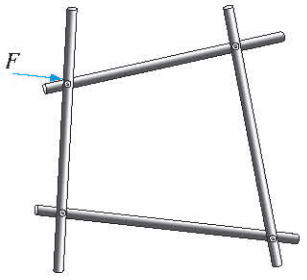


图 1—39　四边形框架

3. 在四边形框架的基础上，另取一根杆件加入，改组成有一个公共边的双三角形框架，如图 1—40 所示。在双三角形框架的某一结点上施加外作用力 F，观察并体验框架的受力与变形情况。

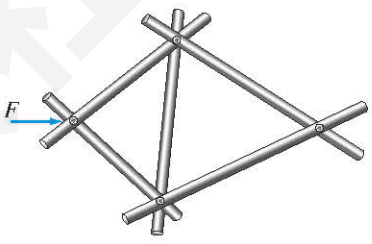


图 1—40　双三角形框架

4. 整理记录，写试验报告，进行交流。

阅读材料

试验报告的内容与要求

试验报告是对技术试验过程的书面陈述，是对技术试验结果的总结和评价。做好试验的本身是学习与研究，写好报告则是进一步的学习与研究。

试验报告的基本内容

试验项目或题目；试验的内容（可以是一项，也可以是多项）；试验的步骤与记录整理；试验的讨论与结论；试验的参与人、试验的时间、报告人。

试验报告的基本要求

认真观察、及时记录（记录包括试验的条件、观察到的现象、观测到的数据）；重在写好结论与讨论。

注：结论要客观，而讨论要强调个性。对试验的某一过程、某一现象、某一数据直到某一结果，要勇于发表自己的见解与认识，哪怕是与他人不相同的观点。这是培养交流能力的重要方面。

微信公众号：电子课本大全

小资料

注意培养我们的交流能力

一个人交流能力的高低，对其终身发展将起举足轻重的作用。通过技术与设计课程的学习，自觉培养与锻炼我们的交流能力。

首先，应能准确、清晰、简洁地表达自己的科技思想。这包括能正确运用科技术语，善于采用最有效的表达方式（口头、写作、图表、模型等各种形式），掌握各种传媒和设备（书本、杂志、报刊、录音、录像、数据库、计算机程序、网络等）的使用，并能对各种不同表现形式的信息进行转换，具有一定的说理能力。

其次，应培养与他人交流的能力。这主要指交谈和倾听。对于不同的对象，应有不同的交流方式。在有些情况下，需要正规的科技术语和符号，而在另一些情况下，则需要通俗易懂的语言或手段。通过与别人交换看法和认真听取他人意见，不仅可以改善自己的表达能力，还能取他人之长，补己之短，加深对科技概念的理解，改进自己的思维与行动方式，并学会尊重别人的不同意见。

再次，学习科学技术不仅要通过课堂学习和亲身实践，获取第二手知识也是一种重要的学习方法。从某种意义上说，这也属于一种交流。我们要学会如何通过各种途径（课堂、图书馆、网络、专家咨询、社会活动等）去获得、选择并适当地利用现有的科技知识（自己的或他人的、历史的或最新的），这也是培养交流能力的一条重要途径。

二、应力与强度

1.技术试验后的回顾与思考

前几项技术试验，让我们都思考了些什么问题呢？

首先，施加外力于构件，到构件产生变形，它们之间不是一个简单的因果关系，应考虑到构件的结构形状、构件的几何尺寸和构件的材料等影响因素。

其次，对于结构变形，只给以“结实”或“不结实”来评说是含糊的、不确切的。对于结构的受力与变形以及有关影响因素，应该有更科学的描述。

2.应力、强度

外力使构件发生变形的同时，构件内部分子之间随之产生一种抵抗变形的抵抗力，称为**内力**（图 1－41）。内力，是用来抵抗外力与变形，并力图使变形部分复原的力。

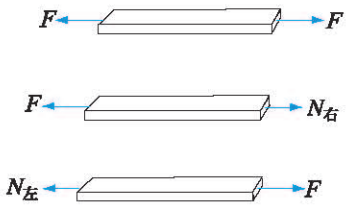


图 1－41 内力与外力的关系

图中，F—外力，N—内力

微信公众号：电子课本大全

问题思考

在技术试验 1 中，材质相同、拉力相同，杆件（实例中是绳子）的内力是相同的，但是细的被拉断了，粗的没拉断。这说明，仅用外力或内力，无法说清楚构件“结实”或“不结实”。怎样利用应力的概念，来说清结实与不结实的问题呢？

作用在单位面积上的内力，称为**应力**。应力可用下式表示

$$\sigma=\frac{N}{S} \qquad (1-3)$$

式中，N 为内力，S 为构件截面积。应力的计量单位为 N/mm^2 或 N/cm^2。

物体结构承受外力时抵抗破坏的能力，以**强度**来表述。通常用应力来衡量强度，既科学又确切。

如在技术试验 1 中，多股绳比起单股绳来，前者受力面积大，即承受的应力小。应力小，变形就小，也就是抗变形能力大。换句话说，粗绳抗拉（力）强度大。在技术试验 2 中，厚梁比薄梁对致弯外力的承受能力强，就是抗弯强度大。

阅读材料

我们都有这样的经验：同样粗的铁棍子要比木棍子结实。用技术术语来说，铁棍子比木棍子（同样截面积）强度大。为什么呢？因为铁材的分子搭配与排列，比木材的要紧密，所容许承受的最大应力要大。这个应力叫**容许应力**。

根据物体结构功能的不同需要，应该正确选择不同的材料，以构造坚固的结构。比如，根据棚室功能、规模的不同，荷载的不同，棚室构架要选择合适的材料去建造，有全钢的、全木的、砖混木的等。在选用构件材料时，应考虑它们的容许应力，并且还要考虑留有一定的强度储备。只有这样，才能保证结构的可靠性。

在这方面，你能依据自己的观察试举几例，作出联想吗？

技术实习

物体形状与强度

器材：一条布带子（如旧书包背带等）。

做法：

1. 在带子两端施加拉力，感受并观察带子抗变形的情况。
2. 在带子一侧剪出一个三角形豁口，重复做法 1。
3. 用剪刀将带子的豁口加大，重做 1，直至带子破坏。
4. 讨论：用应力概念解释试验现象及结果。

微信公众号：电子课本大全

三、影响结构强度的因素

读材料，回答问题

材料 1

这是环形花展架中间的一段。图1—42中，上、下板之间，是用木料加工制成的花杆支柱。这种花杆形状多变，有赏心悦目之效果。



图 1—42 花展架示意图

回答问题

（1）图 1—42 中的花杆支柱，最薄弱的地方在哪里？为什么？

（2）如果置于上板面的荷载超过杆件的承受能力，杆件会发生什么样的变形？

（3）如果在花杆支柱的垂直方向上加上较大外冲击力 F，杆件的什么地方易产生变形甚至断裂？

试一试

应力计算

假设图 1—42 中花杆支柱最粗处的直径为 3 cm，最细处的直径为最粗处的一半，外力冲击所产生的内力为 30 N，试计算支柱上的最大应力为多少？

材料 2

将图 1—42 中的木质杆件换成同样形状、同样尺寸的铁制品，花展架将能承受更大的荷载。

回答问题

（4）同形状、同尺寸的花展架，为什么铁质的比木质的更能承载？

（5）改用铁质的会带来什么新的问题？

材料 3

桥梁是个大门类的建筑。最简单最原始的桥梁，可能就是独木桥了。赵州桥，是闻名遐迩的世界经典之作。屹立于长江等内河上的现代化大桥，好似一座座美丽的彩虹。

回答问题

（6）你能说出几种桥梁的形式吗？

（7）桁架桥的结构有什么特点？

（8）你还见过其他形式的桁架桥结构吗？

（9）桁架桥靠什么提高桥的强度？

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

图 1—43 是一座桁架桥的结构示意图。图中，上梁和下梁之间，采用桁架连接。桁架桥的设计，就是把梁上的压力和张力，都传到桁架上，从而增加了梁抗弯曲的能力。

桁架桥适用于建造跨度较大、荷载较大的桥梁。

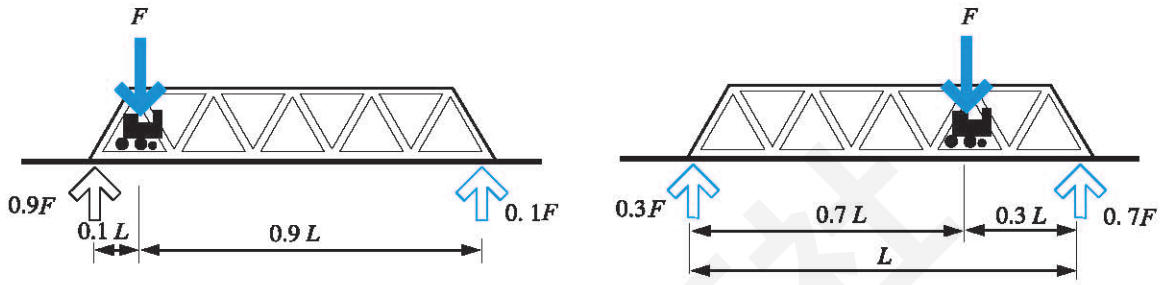


图 1—43 桁架桥示意图

图中，空心箭头表示支撑作用于桥的反力

影响结构强度的因素

通过结构典型案例分析和技术试验 1 与 2，可以总结出：结构的强度，一般取决于它对张力和压力两方面的反应能力，具体地说取决于以下因素：

○ 形状　构成的形状略有改变，强度就会改变。

○ 材料　不同的材料有承受不同应力极限的能力。形状相同，材料不同，强度就不同。

○ 材料的连接方式　不同的连接方式，受力传递方式和效果不一样。

正确认识这些因素，对于我们正确选择结构和材料是很重要的。

阅读材料

连接方式多种多样

任何一种结构，连接(有称连结)都是其中极为重要的部分。比如，人体由于拥有关节等骨与骨的连接，人在生活、学习和工作中，才得以实现灵活、协调、自由地运动。

连接方式多种多样。从实现连接的形态来看，力学结构常见的

微信公众号：电子课本大全

连接方式如表1—3。从被连接件间的状态关系来看，力学结构的连接方式归纳如表1—4。

表1—3 连接方式之一

连接方式	常见的技术与方法	作用、特点	个　例
一体式	焊接、胶接、粘接、捆绑	固连，不需再拆卸，利于增加强度与稳定性	榫卯连接
挤压式	·钉连接，如钢钉、铁钉、竹钉、销钉、螺钉等 ·螺栓、螺母 ·扣紧、套紧	钉实、挤紧、压紧；扣紧；套紧。强度不如一体式，但可再拆卸	车圈与车胎同轴套筒
接插式	插头、插座规格化、标准化，可靠性好	方便连接、拆卸	单杠的拉杆与立柱间的钩与环、电路接插件

表1—4 连接方式之二

连接方式	常见的技术与方法	作用、特点	个　例
可相对运动式（活动）	链与键；润滑	方便运动，灵活传动，承受一定的力	人体关节，自行车把与车架
不可相对运动式（刚性）	准确配合	连接牢固	车圈与辐条

连接，还可以分为点连接、线连接、面连接等。你对自己周围的一些结构连接方式怎么看？把它们作为实例，填入上面两表格的后面。

力学结构中有连接，其他类的结构中也有连接。比如，计算机工作程序结构中，主程序与子程序间、子程序与子程序间，也需要有连接。又比如，语言结构中，也有连接。为此，人们创造并使用了不同含义的连接词（组），使得句子与句子之间、词与词之间，构成了准确的词语关系。

试一试

为了巩固学习效果，试着填好下表。

表1—5 影响强度的因素

影响强度的因素	本教科书中的例子	你想到的例子
形　　状		
材　　料		
连接方式		

微信公众号：电子课本大全

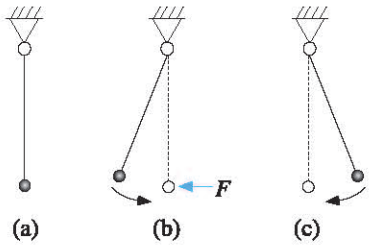


图 1—44 单摆示意图

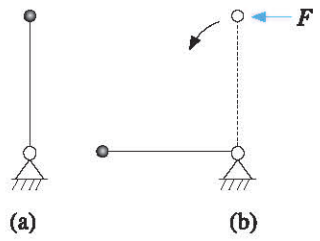


图 1—45 倒摆示意图

四、稳定性概念

1.摆的平衡与稳定

单摆 摆受到干扰外力 F 的作用后，如果干扰外力 F 消失，单摆在经历左右几次衰减震荡运动后，会逐渐减弱，直至停止，回到平衡状态（图 1—44）。摆的这种性能，叫做稳定。

倒摆 当倒摆处于静止的平衡状态时（图 1—45(a)），在右侧外力 F 的干扰作用下，摆倒向左侧，且不会重新立起来（图 1—45(b)）。倒摆的这种性能，叫做不稳定。

人们常常提到“稳定”，比如物价稳定、情绪稳定、生产运行稳定、卫星在轨飞行稳定等。究竟什么是稳定呢？以物价稳定为例，某物品的价格绝对一点不变才叫稳定吗？显然不是。

稳定指的不是状态绝对不变，而是指受扰后，允许状态有所波动，但当扰动消失后，能重新返回到原平衡状态，此为**稳定**；不能回到原有平衡状态，为**不稳定**。

技术试验

1.用手轻触一下单摆，观察单摆运动的情况。

2.用手从右侧轻触处于平衡状态的倒摆，观察倒摆运动的情况。

比较两者的不同。

试一试

仔细观察一下倒摆的结构，摆杆与底座是怎样连接的？倒下后，它为什么不能恢复原状？我们可以采用什么办法，使它能自动恢复原状？动手试一试。

2.结构稳定的含义

稳定性和强度一样，都是物体结构的重要性质。比如，一个棚室结构建造成以后，虽然其承荷载情况很好，

微信公众号：电子课本大全

强度满足了要求，但是在受到干扰作用后会发生倾斜移动，表明这个棚室结构在稳定性方面不能满足要求。又比如，单杠的立柱埋入地下部分不牢固，致使对杠体的支撑不稳，在使用时会摇来摆去，严重时甚至翻倒。一般情况下，稳定性不好的结构，不会被使用。

不倒翁是一种典型的稳定性结构。不论从什么方向去推它一下，它的身形虽然会倾斜摆动，但摇晃几下后，终会恢复原状态；即使一时将它翻倒，即一时失稳，只要解除对它的扰动，它还会回到原状态。

结构具有阻碍翻倒或移动的特性，就是**结构稳定性**。或者说，结构的稳定性指的是结构抵抗失稳的能力。

问题思考

江河的堤坝，横断面都是建造成上窄下宽的梯形结构，它的稳定性好。想一想，能不能将堤坝的横断面做成其他形状呢？

五、影响结构稳定性的因素

1.影响因素

结构需要稳定。那么，究竟有哪些因素会影响物体结构的稳定性呢？归纳前面的分析，可得出影响结构稳定性的因素，主要有以下几点：

（1）结构的形状

一个物体是否容易被翻倒、推倒，主要与它的支撑底面形状、底面积大小有关系。现在来看两种情况：一是底面由三点支撑，等同于由三点连成的三角形（如图1-46（a））支撑；二是底面由同样距离的三点连接的圆形（如图1-46（b））支撑。我们知道，物体的重心若超出其支撑面，就会翻倒，即失稳。由于$r < R$，图（a）相对图（b）来说，易出现失稳，所以图（b）所示的结构形状的稳定性相对要好。

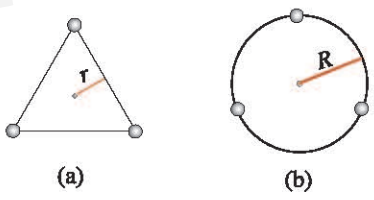


图1-46 三角形支撑和圆形支撑示意图

金字塔，或金字塔型的建筑，如江河的人造堤坝，稳定性好，能经得起时间的考验。它们的结构外形，如同“A”字形。可想而知，倒过来，即“V”形结构，稳定性就差了。

问题思考

为什么说“古老的板凳”的稳定性好？

（2）重心的位置

作用在物体重心上的重力，总有将物体的重心尽量拉近（吸向）地面的趋势。因此，物体的重心位置不当（如偏高），物体将易被移动，甚至翻倒。

微信公众号：电子课本大全

不倒翁之所以稳定，就是因为它的重心设置得很低，在它纵向长度的一半以下。

调查研究

上面讲的影响结构稳定性的因素主要是与重力有关的因素。其实，影响结构稳定性的因素不止这两点。例如，我们已学过的三角形比四边形稳定。就是说，三角形框架比四边形框架稳定性好。查阅资料，了解还有哪些影响结构稳定性的因素，人们为增加结构稳定性采取了哪些措施？

2.巧妙地增加结构的稳定性

怎样才能使结构的稳定性增加？可以想到的是：尽可能地增大结构的底面面积；尽可能地降低结构的整体重心位置。但是，做到这两点要受到很多条件限制。下面，我们来研究增加结构稳定性的思想和办法。

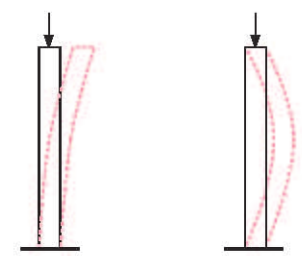


图 1—47 长细件变形示意图

○ 减小长细比。长细比，指的是结构的纵向长度与横向截面的最大尺寸（如圆的直径）之比。如果是梁，长细比越大，越易弯曲；如果是杆件，长细比越大，也越易变形。长细件变形的主要情形如图 1—47 所示。因此，正确处理杆件的长细比和选用材料十分重要。

○ 本章第三节中的技术试验 3，给了我们很好的启发：利用三角形框架及其组合结构，可以有效地增加结构的稳定性。自行车车体（图 1—9）不正是一种巧妙的结构吗？

讨论交流

上面的增强结构稳定性的做法，是从什么角度去考虑问题的？我们还有没有其他构想？

3.巧妙地应用结构的不稳定性

在某些特定情况下，不稳定性结构可以被应用到我们的生产或生活中。

微信公众号：电子课本大全

例如不稳定性结构在铁路道口栏杆中的应用，如图1-48所示。其中，(a) 为平时的栏杆竖立起的不工作状态，(b)为有火车要通过道口时的栏杆横卧放下的工作状态。这种栏杆巧妙在哪里呢？



(a)　　(b)

图 1-48　一种巧妙的铁路道口栏杆

图中，栏杆由两条长杆和许多条短杆组成，长杆与短杆都用螺栓连接，构成许多可以变换形状的四边形栅格。不工作时，栏杆整体立起在道边，栅格呈平形四边形，不占太多地面；而工作时，栏杆横放，栅格呈长方形，像一张网挡住道口。原来，这里的可变形栅格结构，正是利用了结构的不稳定性，巧妙！

讨论交流

试一试，你能举出几个类似的应用实例吗？

阅读材料

框架与稳定性

三角形框架，受力合理，结构稳定。四边形框架，相对三角形框架而言，稳定性差。所谓稳定性差，指的是在框架的某一侧边，如果出现外干扰作用力推（或拉）向框架，那么框架将顺着干扰力方向产生倾斜变形。因此，四边形框架结构只在特殊条件下使用，如门框、窗框，它的四周都有墙壁，能限制其产生变形。

微信公众号：电子课本大全

框架与稳定性的部分图示

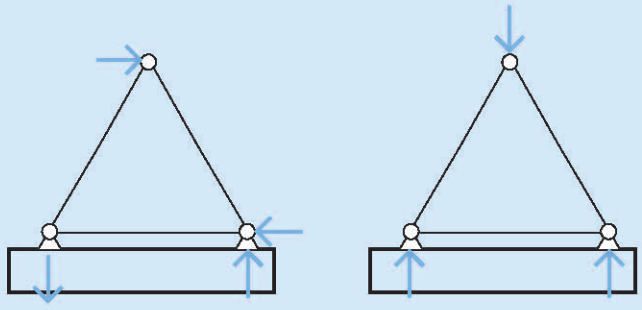


图 1–49 三角形的侧向稳定性

三角形框架

三角形框架很稳定，除非改变三角形边长，否则它的形状不会改变。

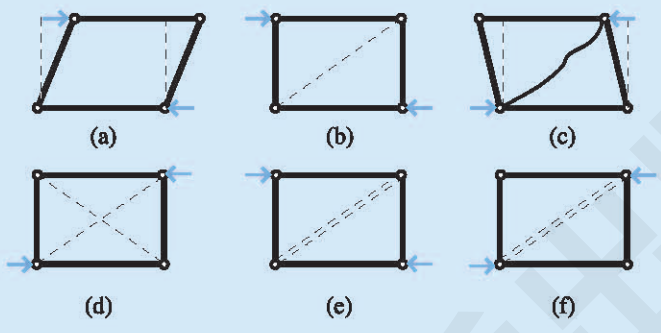


图 1–50 四边形的侧向不稳定性

四边形框架

(a) 矩形的框架用铰接便无法稳定。

(b) 中间加上斜撑即可提供单向的稳定性（当此斜撑承受拉力时）。

(c) 当斜撑采用不耐挤压材料时，图示荷载对应不稳定。

(d) 加上另一根斜撑可提供双向的稳定。

(e) 如果中间采用可以抵抗拉力也可以抵抗压力的斜杆，便可提供双向的稳定性。

(f) 与(e)相同。

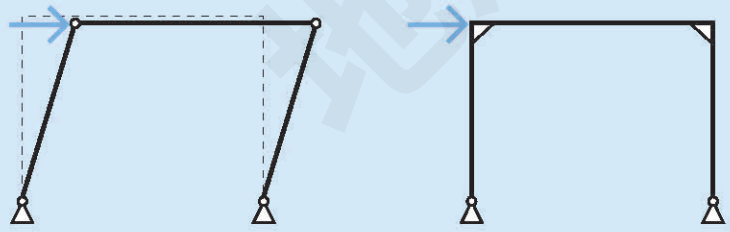


图 1–51 刚性构架的侧向稳定性

刚性框架

顶端的刚性节点形成有如桌面的刚性构造，一个刚性节点便可有足够的刚度（此时构架的内力作用有如稳定的三角形）。

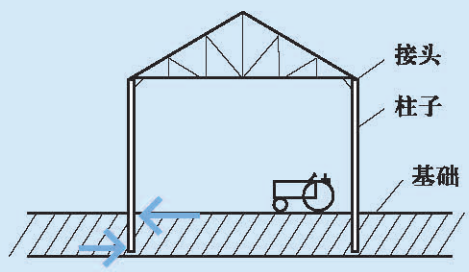


图 1–52 刚性构架的应用

以基础悬臂而出的柱子，其稳定的原理就是它有刚性接头。这样的构造很常见。

微信公众号：电子课本大全

第四节 学做结构设计

一、壁挂式简易衣帽架原型制作

壁挂式简易衣帽架设计的初步方案，如图1—53所示。

1.衣帽架的构成

由4根或6根或8根杆件构成。有的杆件上，两端安装小横桩，供挂衣帽用；每根杆件的中间有孔，供杆件间连接固定用。本方案的优点是：

结构简单，只由几根杆件组成，且可以根据需要增减杆件的数量。

不占地面，使用方便。

古朴、美观。

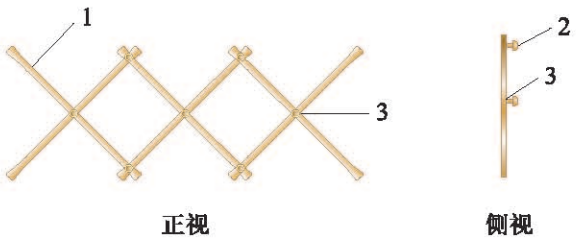


图1—53 壁挂式简易衣帽架

1. 杆件 2. 横桩 3. 孔

问题思考

制作前的分析

先回答问题1、2、3。

1.这种衣架属于什么结构类型？

2.当小横桩上挂有衣物时，各杆件要承受哪些力？

3.从强度的角度看，它的最薄弱处在哪里？

进一步找出强度的薄弱点，提出增强强度的措施，包括分析可能出现的荷载，再回答问题4、5、6、7。

4.这种结构稳定吗？为什么？

5.杆件的长度、横截面尺寸与结构的什么性能有关？

6.应采用什么形状的杆件？

7.这种衣帽架有些什么缺点？

2.确定设计方案

（1）根据使用的需求，确定杆件的数量。

（2）根据荷载的分析，选定制作杆件和小横桩的材料及尺寸。

（3）画草图，标明比例尺。

（4）小组讨论，考虑问题7，做必要改进，确定方案。

3.完成设计制作

（1）绘制正规图纸。

（2）制作原型。

微信公众号：电子课本大全

二、秋千模型结构设计

1. 评价一个参考设计方案

参考设计方案如图 1–54 所示。

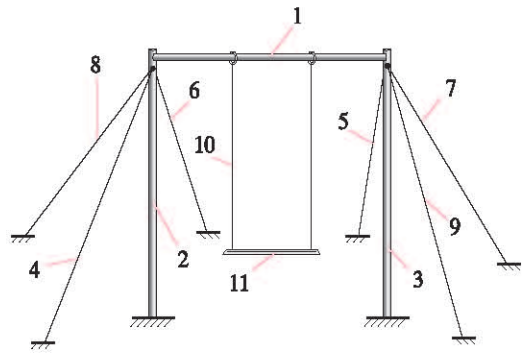


图 1–54 秋千设计参考图

1. 横梁
2、3. 立柱
4、9. 前拉杆
5、6. 后拉杆
7、8. 侧拉杆
10. 秋千绳
11. 秋千座

考虑问题（1）和（2），再作小组讨论，指出参考设计方案的优缺点，填入下表。

表 1–6 秋千参考设计方案的优缺点

性　能	优　点	缺　点
复杂性		
易实现性		
安全性		
其　他		

问题：

（1）秋千的各构件分别承受了怎样的力？它们是怎样抵抗变形的？

（2）这种秋千与单杠在功能要求、结构要求、结构方式等方面，有何同异？

微信公众号：电子课本大全

考虑问题（3）、（4），归纳改进点，画出结构草图。



（3）秋千架的高度会带来什么影响？秋千绳多长（离地面多高）为好？

（4）各拉杆与立柱之间的夹角应怎样确定？

考虑问题（5）～（7）。

2.秋千结构设计

（1）在分析讨论的基础上，确定结构设计方案，包括：结构框架构成，各种构件的材料、尺寸（必要时分别给出视图和截面图）及各构件的连接与固定方式等。

（2）绘制正规设计图纸。

（3）制作模型。

（5）立柱的埋入地下部分，用什么样的几何形状好？埋多深？

（6）秋千的拉杆怎样与地面连接牢固？

（7）应考虑哪些与安全有关的问题？

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

第五节　欣赏和评价典型结构设计

一、典型结构设计的欣赏——上海浦东国际机场

上海浦东国际机场航站区的设计风格，充分体现出“人、建筑、环境”和谐统一的主题。

350万平方米的绿地和一个17万平方米的环境水池以及飞架其上的高架路环绕在航站楼周围。拱型钢构架的屋顶呈现出漂亮的银灰色，很好地体现了现代材料工艺的美感。它与浅绿色的玻璃窗、暖灰色的外墙、绿色的植物以及宽阔的水面形成了一片和谐统一的建筑群落。



(a)机场夜景



(b)机场外景



(c)拱型钢构架的屋顶

图1–55　上海浦东国际机场

二、典型结构设计的评价

技术实习

参观本地区的特色建筑

参观对象： 自选。

欣赏与评价的要求：

尽量了解对象的背景、特色。

试从技术与文化的角度去欣赏和评价。

根据参观所得资料，写出对该建筑结构的评价报告。

试一试

1.收集赵州桥的有关资料、图片。

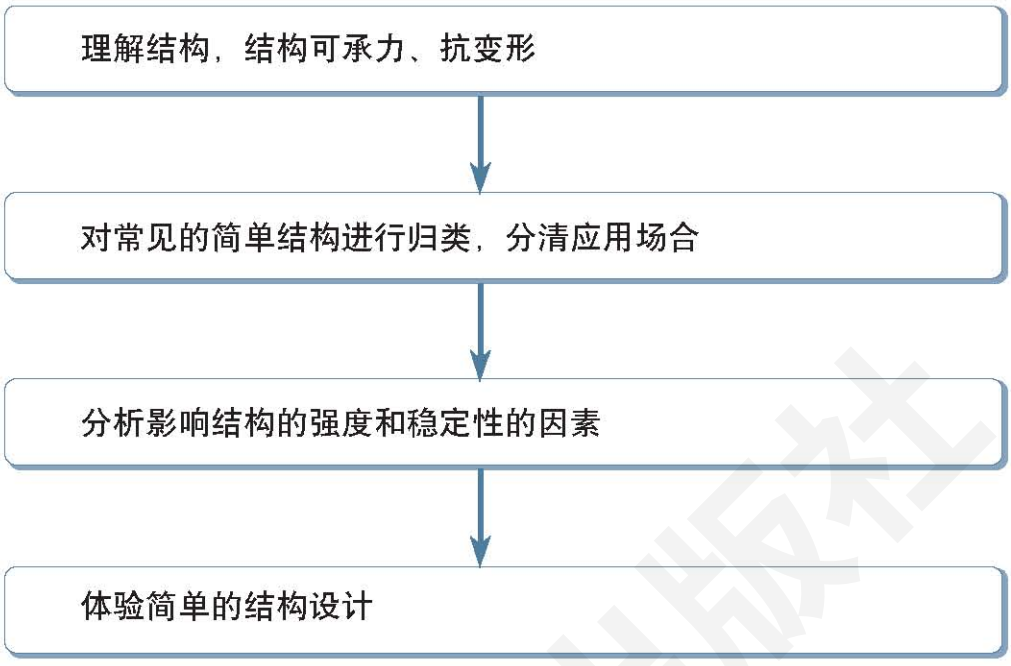
2.从技术与文化的角度，对赵州桥的结构进行评价。

每人先做自我评价，然后同学间进行讨论评价，最后请老师点评。

微信公众号：电子课本大全

学习结构与设计的小结

结构的设计，在我们的日常生活中随处可见。本主题——结构与设计，强调从力学的角度来理解结构，因此，要求掌握好：



对照上述要求，大家总结一下：学习得怎么样？收获有哪些？不足之处有哪些？学习的经验教训有哪些？

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

第二章 流程与设计

做任何一件事，总得要经历一个过程；而且在整个过程中，必须明确做些什么？先做什么？后做什么？这样，可收到事半功倍的效果，优化我们的生活、学习和工作。

第一节　了解流程

一、什么是流程
——两个实例展示

在《技术与设计 1》中，曾经介绍过生产加工工艺流程。



那么，流程内涵的关键点是什么？流程对于学习、生产、生活有什么意义？

【实例 2-1】马铃薯的播种流程

通过访问农民，了解到马铃薯播种有以下的过程：

切种

马铃薯，多用其地下块茎繁殖。一个块茎，即每一个马铃薯上，都生长有好多个小凹坑，俗称芽坑。当条件合适时，这些芽坑里就会生长出小芽来。人们用刀将马铃薯切削成好多小块，每个小块上保留一个芽坑。这样一个小块，就是一颗种子，俗称土豆栽子。这个工作过程，称为切种。

布种

先将地起好垄，再在每条垄上，按植株要求的距离（株距）挖小土坑；然后，将土豆栽子逐个放进小土坑内。这个工作过程，称为布种。

微信公众号：电子课本大全

掩种

为了保护种子不受侵害，布种之后，要就近用土将土豆栽子掩埋上，并稍加踩实。这个工作过程，称为掩种。

播种的场景，如图2-1所示。



图2-1 播种

【实例2-2】种水稻的流程

在我国广大农村，尤其是南方，种植水稻较为普遍。你了解种水稻的流程吗？

作为一项重要的农业生产技术，种水稻要经历以下过程，参见图2-2。



育秧



插秧



割稻

图2-2 种水稻的主要操作过程

育秧

水稻的生长是从种子萌发开始的，即播种到秧田的种子，经萌发、幼苗生长，形成密集的稻秧。

插秧

为了水稻更好地生长发育，要将稻秧从秧田拔出来，称为拔秧；再按行（列）距要求，分穴插植到稻田中去，称为插秧。插秧后，进入水稻的田间管理，包括：补苗、灌水与排水、施肥、晒田、除杂草、防病虫害等技术措施。

割稻

通过对水稻的田间管理，水稻经历了营养生长和生殖生长，终于结实直至子粒成熟。最后，进行割稻，完成收获，结束水稻的一轮种植。

微信公众号：电子课本大全

二、流程的含义
——两个实例的小结

上述两实例，它们各具不同的目的和不同的活动内容。但它们各自经历的过程，却具有相同的两大关键点：

○ 过程的全部，包含了若干个小过程。也就是说，活动或事件在其发展的过程中，依据某种特征或方式，可将该过程分解为若干个小过程，称这些小过程为**环节**。比如：切种环节、布种环节、掩种环节；育秧环节、插秧环节和割稻环节等。

○ 过程的经历中，各环节按照一定的时间顺序先后出现、完成。这种时间顺序关系，称为**时序**。如：先切种→再布种→后掩种；先育秧→再插秧，最后割稻等。

具有以上两大特征（关键点）的过程，即若干环节随着时间的变化，依序完成的进程流，称为**流程**。

其实，生活与生产中的许多活动与事件发生的过程，都可理解为流程。

有了科学、合理的流程可依，完成各种活动和工作任务，都将会进展得更快、更好。因此，如何使流程产生更大的效益、具有可持续发展性，是有待我们深究的课题。

试一试

观察你周围的情况，试举出几例流程，并找出流程中的环节及时序，说明这些流程完成了什么样的任务进程？

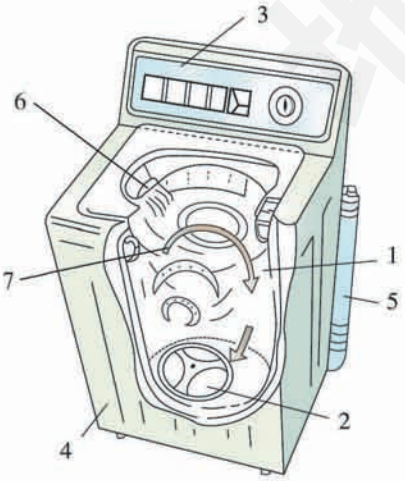


图 2–3 波轮式全自动洗衣机

1．洗衣兼脱水桶　2．波轮
3．操作面板　4．外壳
5．排水管　6．进水口
7．水流

第二节　流程分析

一、典型案例分析

【案例 2–1】洗衣机是怎样把脏衣物洗干净的？
——洗衣机工作流程分析

洗衣机作为一种家用电器，已经走进千家万户，受到普遍的欢迎。一台波轮式全自动洗衣机的构成如图2–3所示。它为什么能把脏衣物洗干净呢？它有什么样的工作流程呢？

微信公众号：电子课本大全

小资料

波轮洗衣机的洗涤原理

洗衣机主要是在水流的排渗、冲刷等机械作用和洗涤剂的润湿、分散作用下，将污垢分离到水中来实现洗净衣服的目的。首先，充满于波轮叶片间的洗涤液，在离心力的作用下被高速甩向桶壁，并沿桶壁上升。在波轮中心处，因甩出液体而形成低压区，又使得洗涤液流回波轮附近。这样，在波轮附近形成了以波轮轴线为中心的涡流。衣物在涡流的作用下，作螺旋式回转，被甩向桶壁后，与桶壁发生摩擦；衣物被低压吸到波轮附近，又不断地与波轮发生摩擦，如同人工揉搓衣物，污垢被迫脱离衣物。其次，当洗涤液中放进衣物后，由于惯性作用运动缓慢，水流与衣物之间存在着速度差，使得两者发生相对运动，水流与衣物便发生相对摩擦，这种水流冲刷力同样有助于污垢离开衣物。再次，由于洗衣桶形状的不规则，当旋转着的水流碰到桶壁后，其速度和方向都发生了改变，形成湍流。在湍流的作用下，衣物做无规则地运动并翻滚，其纤维不断被弯曲、绞扭和拉长，衣物相互摩擦，增大了洗涤的有效面积，提高了衣物洗净的均匀性。

阅读材料

洗衣机工作方式的选择与设置

图2—4是全自动洗衣机的操作面板，用来选择与设定不同的工作方式。

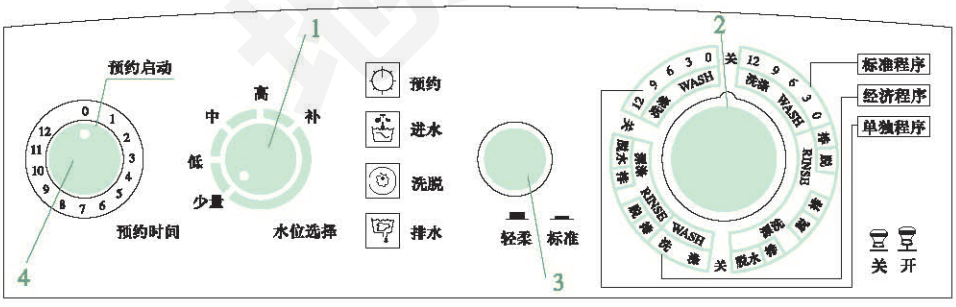


图 2—4　全自动洗衣机的操作选择

1.水位选择　2.洗涤程序选择　3.水流强度选择　4.预约时间选择

由图可见，洗衣机工作方式的选择与设定，可以有多种组合。

其中，洗涤程序可有：标准程序、经济程序和单独程序。选择不同的程序，洗法进程不一样，效果当然也不一样。

微信公众号：电子课本大全

洗衣机工作的基本环节

洗衣机的工作全过程中，包含了哪些小过程呢？洗衣机要用水，就要有进水过程，洗完后，还要有排水过程；要洗衣物，首先要有洗涤过程，还要有漂洗的过程；洗涤要加有洗涤剂；此外还有脱水（甩干）过程。

因此，洗衣机工作的全过程，包含的基本小过程有：进水、洗涤或漂洗、排水、脱水（甩干）。这些小过程，就是基本环节。

这些基本环节的反复调用、组合，保证了洗衣机基本功能的实现。或者说，洗衣机的工作，少了上述基本环节中的哪一个也不行。



阅读材料

多种选择巧安排

1. 洗涤程序选择

根据要洗的衣物脏污程度不同，可以选择不同的程序来洗。较脏的，所需洗涤时间较长，可采用标准程序，它包括一次 12 min 的洗涤，两次漂洗和脱水甩干。不太脏的，所需洗涤时间较短，可采用经济程序，它包括：洗涤、漂洗和脱水，全过程约 18 min。对于想要重复使用洗涤液的情况，可用单独程序洗，一次单独洗涤，约 12 min。

2. 水位选择

按要洗的衣物量的多少，可选择高、中、低和少量 4 种水位。

3. 水流强度选择

不同质料的衣物，所能耐受的冲刷、揉搓、漂荡的程度是不同的。一般棉麻织品和比较脏的衣物，可选用标准（流），此时，水流强劲有力。对于丝织品、绒线和较薄的合成纤维等可选用轻柔（流），此时，水流短促、轻柔。

以上的多种选择巧安排，表明了设计人员的良苦用心和周密思考，充分体现了他们在设计工作中蕴含的节能、节水、节时的优良意识。试结合上面的某种选择，说明设计所体现的良好意识。



问题思考

讨论研究下面的问题：

1. 在洗涤之后、漂洗之前，为什么要安插脱水的环节？

2. 可不可以将排水与脱水合为一个环节，即排水与脱水同时进行？为什么？

3. 在标准程序中可以看到，多次反复使用了进水、排水、脱水环节。安排使用这些环节时，在时间顺序上应有怎样的考虑呢？

微信公众号：电子课本大全

洗衣机工作的时序

表述流程的图形，称为**流程图**。

图2-5是洗衣机按标准程序运行工作流程的图形表述 —— 流程图。

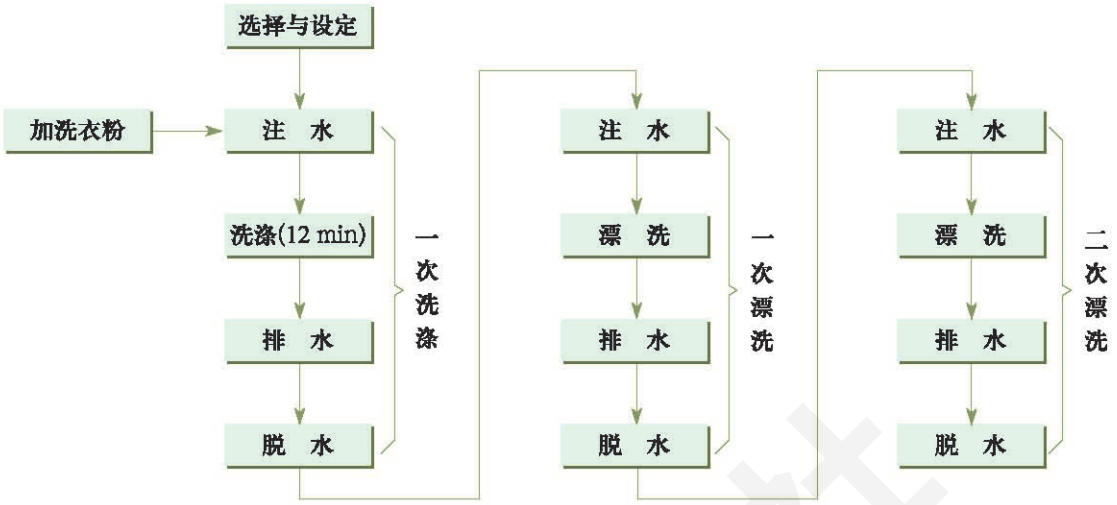


图2-5 洗衣机按标准程序运行流程图

此图表述了：

（1）基本环节，如前面确认的4个。其中，注水、排水、脱水环节各调用三次，洗涤加漂洗共用了三次。这是设置一次洗涤、二次漂洗所需要的。

（2）流程的时序，具有以下特征：

先注水→……→经排水→再脱水；先洗涤→后漂洗。

可见：环节虽可按需调用，但环节出现的时间顺序，即时序，要遵照各环节的功能与性质排好先后，有些环节不可倒置。如不可先漂洗、后洗涤；不可不经排水，就脱水；不可未经脱水，就漂洗等。

（3）选择与设定，包括水位、水流强度、洗涤程序3项内容；在注水同时，加入洗衣粉。

【案例2-2】奶粉是怎样制造出来的？

—— 奶粉生产工艺流程分析

牛奶好喝，但不易储存。因此，奶粉应运而生。液体的牛奶，怎样被制造成为固体的奶粉？奶粉有什么样的生产工艺流程？

奶粉生产经历的过程

原料乳的验收

对鲜奶，要进行奶质检验。包括：感官检验，理化检验，细菌检验等。符合要求的牛奶，才被传送入生产车间。

杀菌

鲜奶内含有不利人体健康的病菌，如大肠杆菌群等，必须对鲜奶进行杀菌消毒。消毒方法有很多，如巴氏灭菌消毒法等。

微信公众号：电子课本大全

真空浓缩

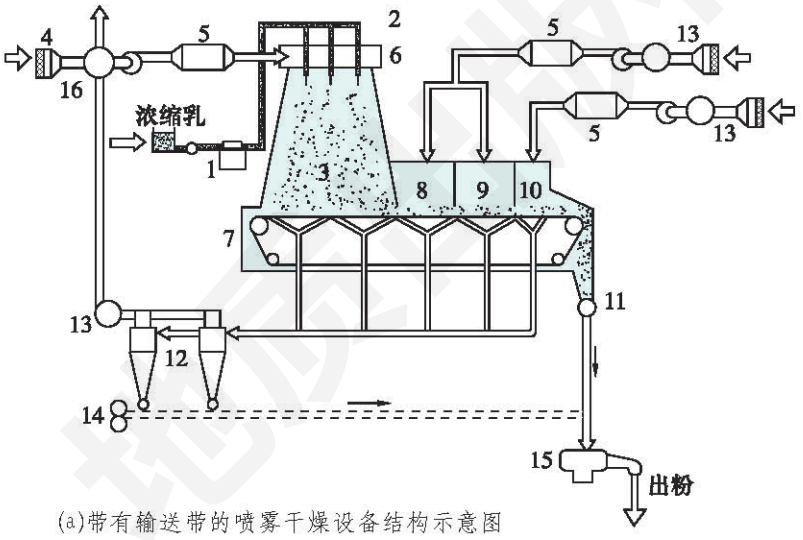
牛乳的87%以上都是水。未经浓缩直接干燥的乳粉有很多缺点。通过浓缩工艺，可以提高产品的色、香、味、形（颗粒直径大，分散性好、冲调性好）；节约能源和设备；便于包装。

喷雾、干燥

在喷雾干燥设备内，浓缩乳依靠机械力（高压或离心力）的作用，通过物化器械成为雾状微粒，即小液滴（其直径约为10～1000 μm）。在与干燥介质（热空气）接触瞬间进行强烈热交换与质交换分离，使浓缩物料中的水分绝大部分在短时间内被干燥介质带走，水分不断汽化，完成干燥、出粉。

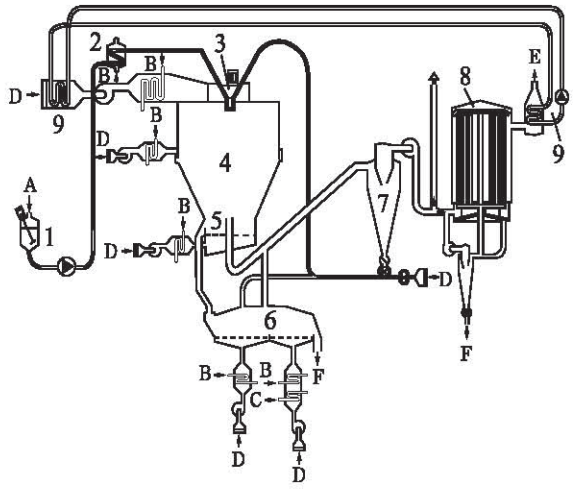
小资料

两种喷雾干燥设备结构示意图如图2—6(a)、2—6(b)所示，喷雾设备的基本型式如图2—7所示。



1．高压泵
2．雾化器
3．一段干燥室
4．空气过滤器
5．加热器／冷凝器
6．空气分布器
7．输送室
8．二段干燥室
9．三段干燥室
10．冷却室
11．乳粉出口
12．旋风分离器
13．风机
14．粉尘回收系统
15．筛选装置
16．热量回收系统

(a)带有输送带的喷雾干燥设备结构示意图



1．进料缸
2．浓缩乳预热器
3．雾化器
4．喷雾干燥室
5．内置式流化床
6．外置式流化床
7．旋风分离器
8．布袋过滤器
9．热交换器

A．浓缩乳入口
B．加热蒸汽
C．冷却水
D．空气入口
E．空气出口
F．乳粉出口

(b)带有流化床的喷雾干燥设备结构示意图

图2—6 两种喷雾干燥设备结构示意图

微信公众号：电子课本大全

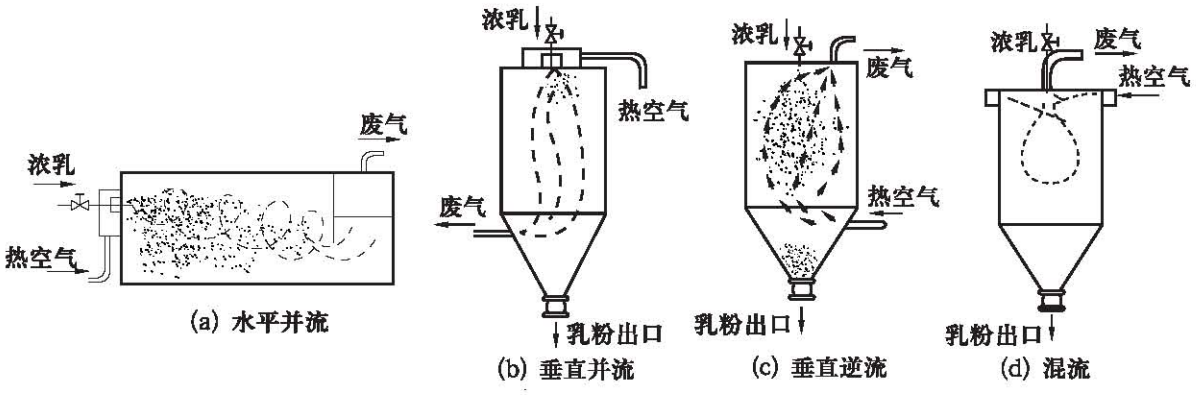


图2-7 喷雾设备的基本型式

阅读材料

离心喷雾干燥过程

离心喷雾干燥是向水平方向作高速旋转的圆盘上连续供以浓乳，使浓乳在离心力的作用下高速甩出，形成薄膜或液滴，借助与周围空气的摩擦、阻碍与磨碎作用使之形成细雾（图2-8），浓乳在圆盘上的每一质点均受到随圆盘旋转而产生的切向力与离心力作用而产生的径向力，其结果为以合速度在圆盘上运动，其运动轨迹可以设想为一螺旋形，液体沿此螺旋线自圆盘上被抛出后，分散成很微小的液滴，并受到使其沿圆盘的切线方向运动的离心力以及使其沉降的重力的合力作用。由于微粒的大小不一，所以它们受到的作用力也不一样。这样，就在不同的距离形成一个以转轴中心对称的圆柱体。由于离心喷雾几乎都是沿水平面做圆周运动，干燥介质的流动方向与浓乳液滴的流动方向呈顺流或混流。

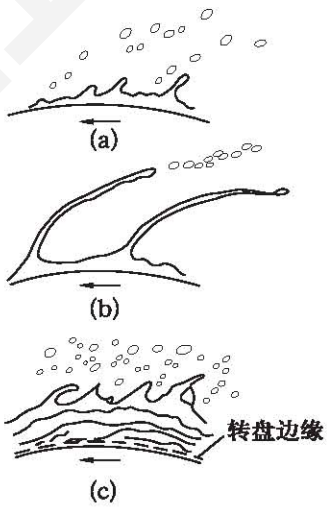


图2-8 离心喷雾干燥过程

(a) 浓缩乳直接分散成乳滴
(b) 丝状断裂成乳滴
(c) 膜状分散成乳滴

奶粉生产工艺中的环节与时序

奶粉生产全过程中有5个小过程，即5个环节，包括原料乳验收、杀菌、浓缩、喷雾干燥、出粉。每个环节都有明确的目的、任务与要求，有明确的工艺标准。比如，经杀菌过程后能允许多少含菌量；浓缩过程要去除掉多少水分；出粉过程要求粉颗粒的大小以及均匀度等。每个环节，都要经历合适的时间，各个环节按其功能与作用，分时序依次进行。

奶粉生产工艺流程的环节与时序，在图2-9中得到了体现。图中的

微信公众号：电子课本大全

5 个环节，一个也不可缺少；时序不可随意变动。



图 2–9 奶粉生产基本工艺流程图

二、识读流程图

【案例2–3】图2–10是合成氨生产工艺的流程图。面对这张流程图，我们应该怎样去识读它呢？它表达了哪些内容呢？

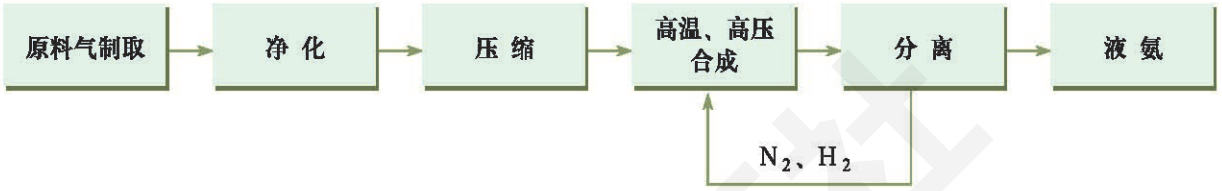


图 2–10 合成氨生产工艺流程图

第一，我们可以读出，图示的合成氨生产流程包括了以下环节和时序：

（1）先进行原料气（N_2、H_2）的制取—— 制取环节。

（2）气（N_2、H_2）的净化、除杂质—— 净化环节。

（3）用压缩机压缩（至高压状态）—— 压缩环节。

（4）氨合成—— 合成环节。

（5）最后进行氨的分离，得到浓氨并将未完全反应的N_2、H_2送回合成塔，再循环加工利用—— 分离环节。

五个环节完成后，得到的是合成液态氨。

第二，我们还可以读出，流程图既含括了物质的反应、变化的过程，又含括了相关的必要条件，如温度、压强、催化剂等。即流程图表达了合成氨的反应原理与条件，如

$$N_2+3H_2 \overset{\text{高温、高压}}{\rightleftharpoons} 2NH_3+Q$$

过程与条件一并具备、一并发生，保证了整个生产流程的完成。例如，用压缩机压缩净气N_2、H_2，就是为了造成氨合成所需要的高压条件。因此，“压缩”就成为工艺流程中重要环节之一。

案例引发的思考：显然，通过识读流程图，包括我们并不熟悉的流程，或是比较复杂的流程，我们必将对那些流程的思想和实现的方法有了基本的把握，我们必将获得新知。因此，识读流程图也是学习技术的基本能力之一。

微信公众号：电子课本大全

技术实习

识读流程图练习

识读下面的流程图，要求：

1.分别找出图2—11中（a）、（b）对应流程的环节，简要说明每个环节的功能和作用。

2.说明流程中时序的体现与特征。

3.比较图2—11中（a）、（b）的异同点。

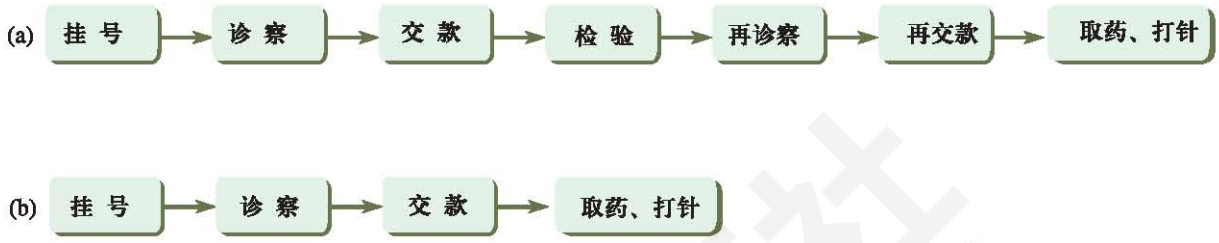


图2—11 医院就诊的两幅流程图

试一试

试调查乘公交车的上行或下行流程图或某生产（工业或农业）加工工艺流程图或其他流程图等，通过识读，说明环节、时序的意义，说明该流程的功能与作用。

阅读材料

流程图的其他表达形式

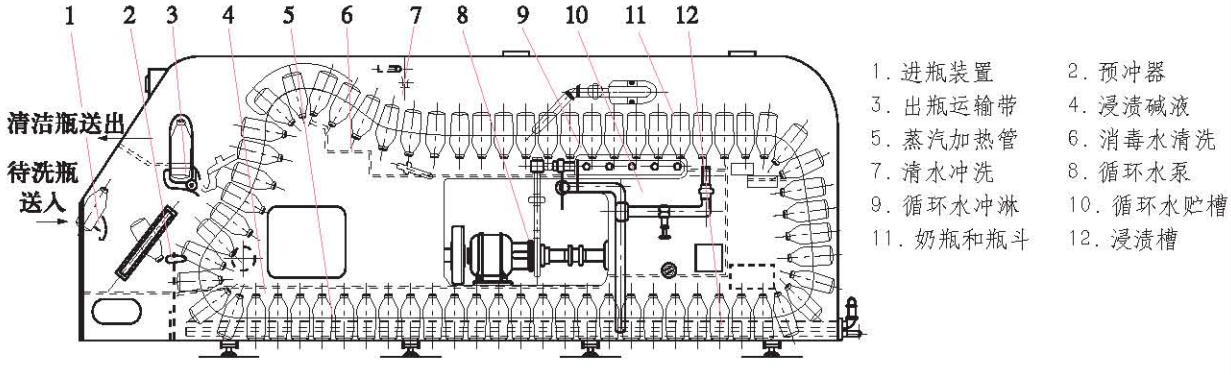


图2—12 浸渍式自动洗瓶机工作流程图

微信公众号：电子课本大全

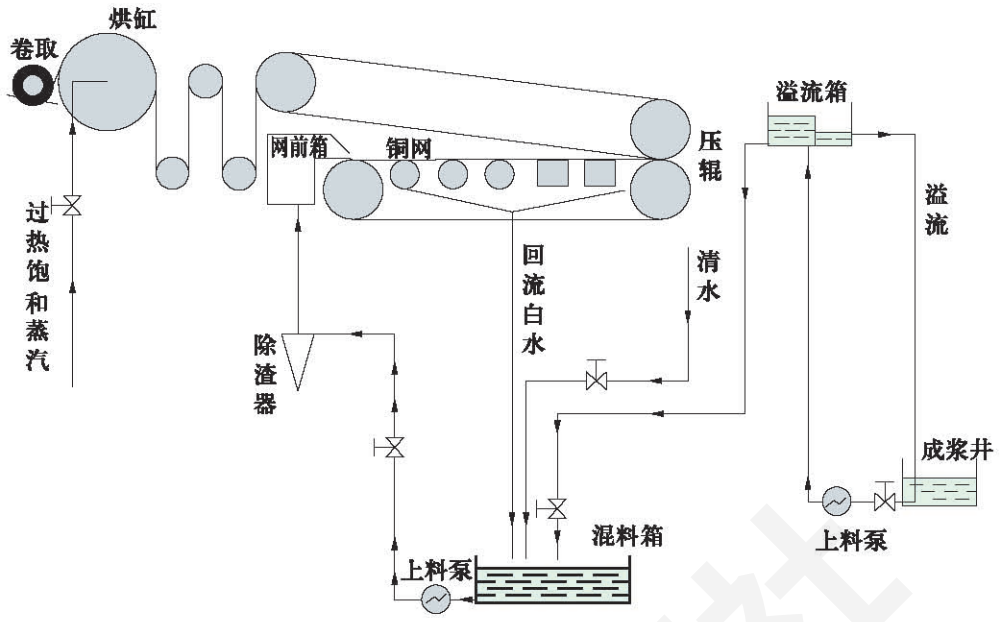


图 2–13 单缸短长网纸机工艺流程示意图

小资料

多种多样的流程图欣赏

1. 构建普通住房的流程图（图 2–14）

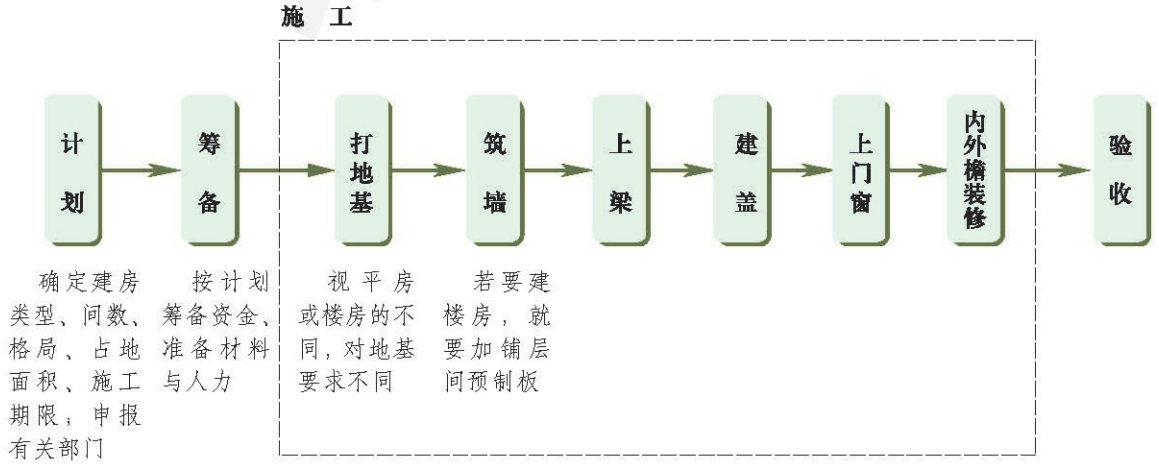


图 2–14 构建普通住房的流程图

微信公众号：电子课本大全

2.水稻种植生产流程图（图2–15）



图2–15 水稻种植生产流程图

3.项目管理生命期的流程图(图2–16)

项目是有始有终的一次性任务。自始至终，总要经历一个过程。这个过程，一般称之为项目管理的生命期。生命期的流程图如下：

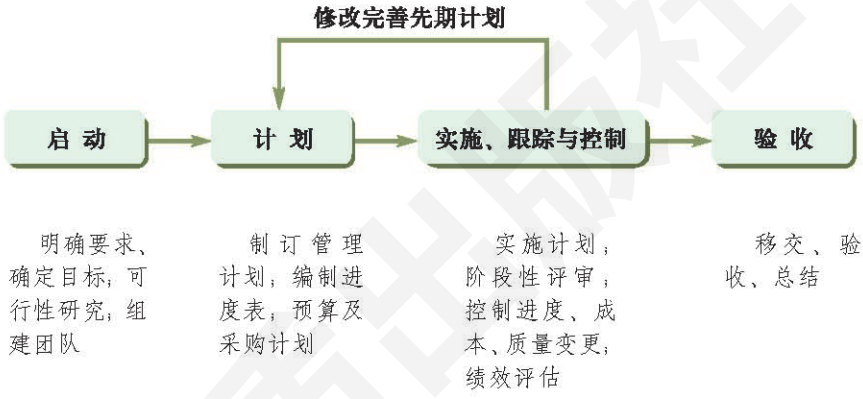


图2–16 项目管理生命期流程图

4.中医诊断的工作流程图（图2–17）

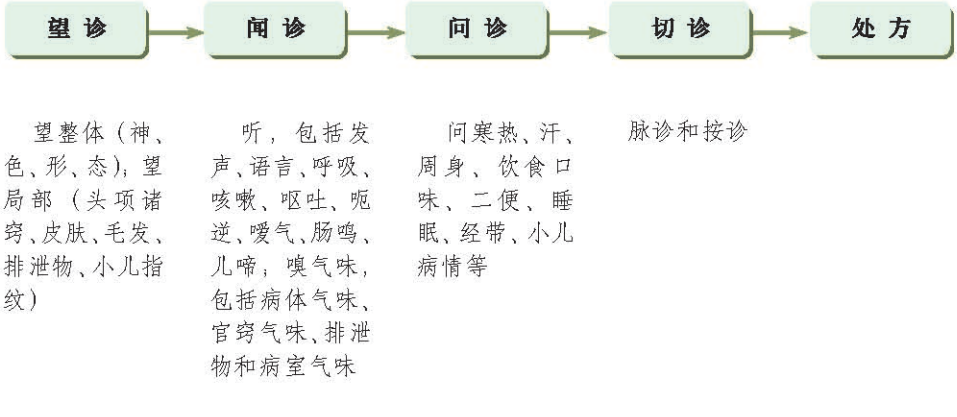


图2–17 中医诊断的工作流程图

微信公众号：电子课本大全

5.造纸工艺流程图（图2–18）

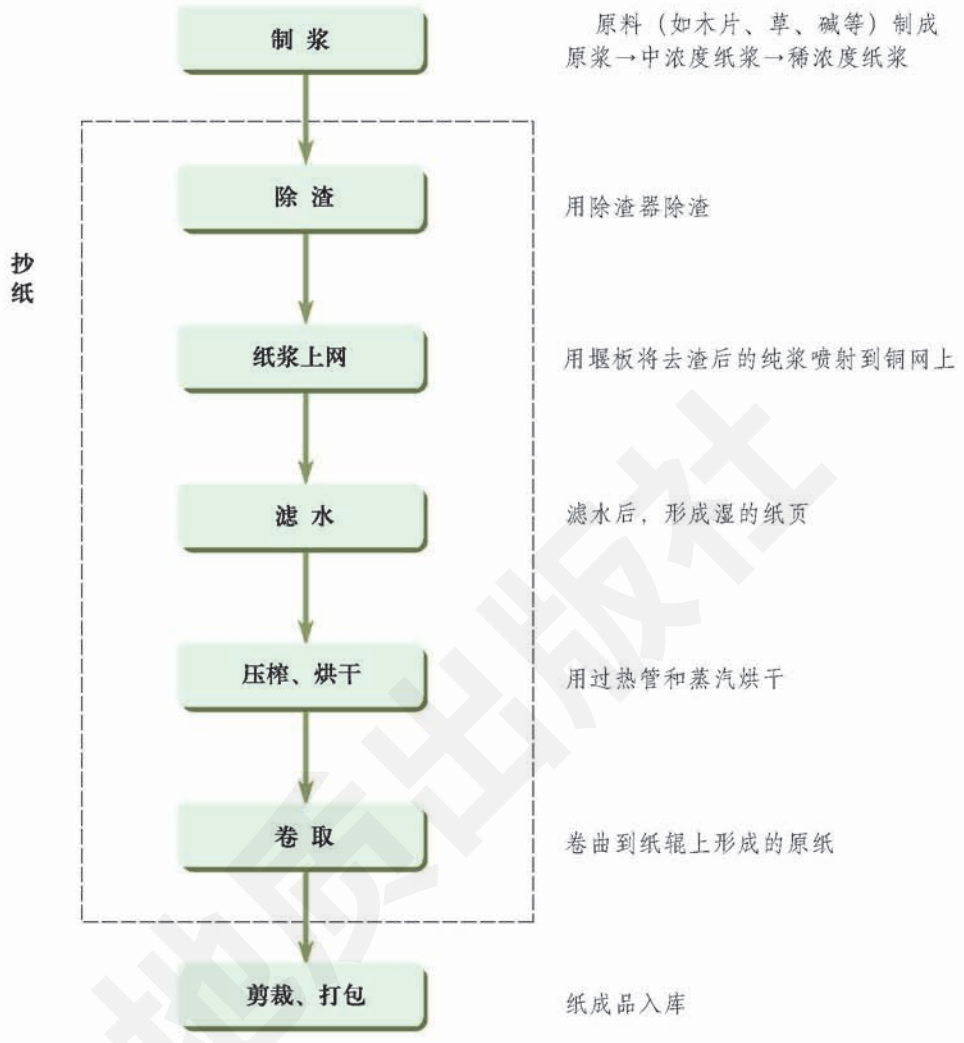
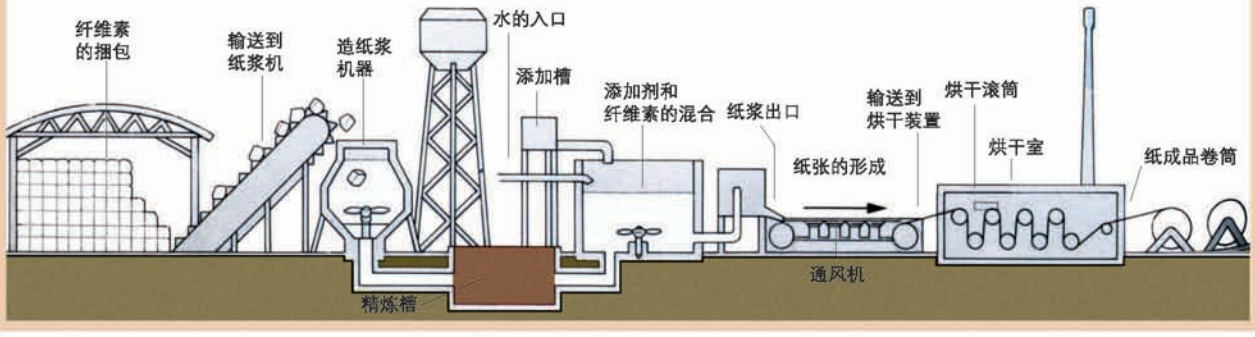


图2–18 造纸工艺流程图



造纸生产线示意图

微信公众号：电子课本大全

6.风味酸奶生产工艺流程图（图2–19）

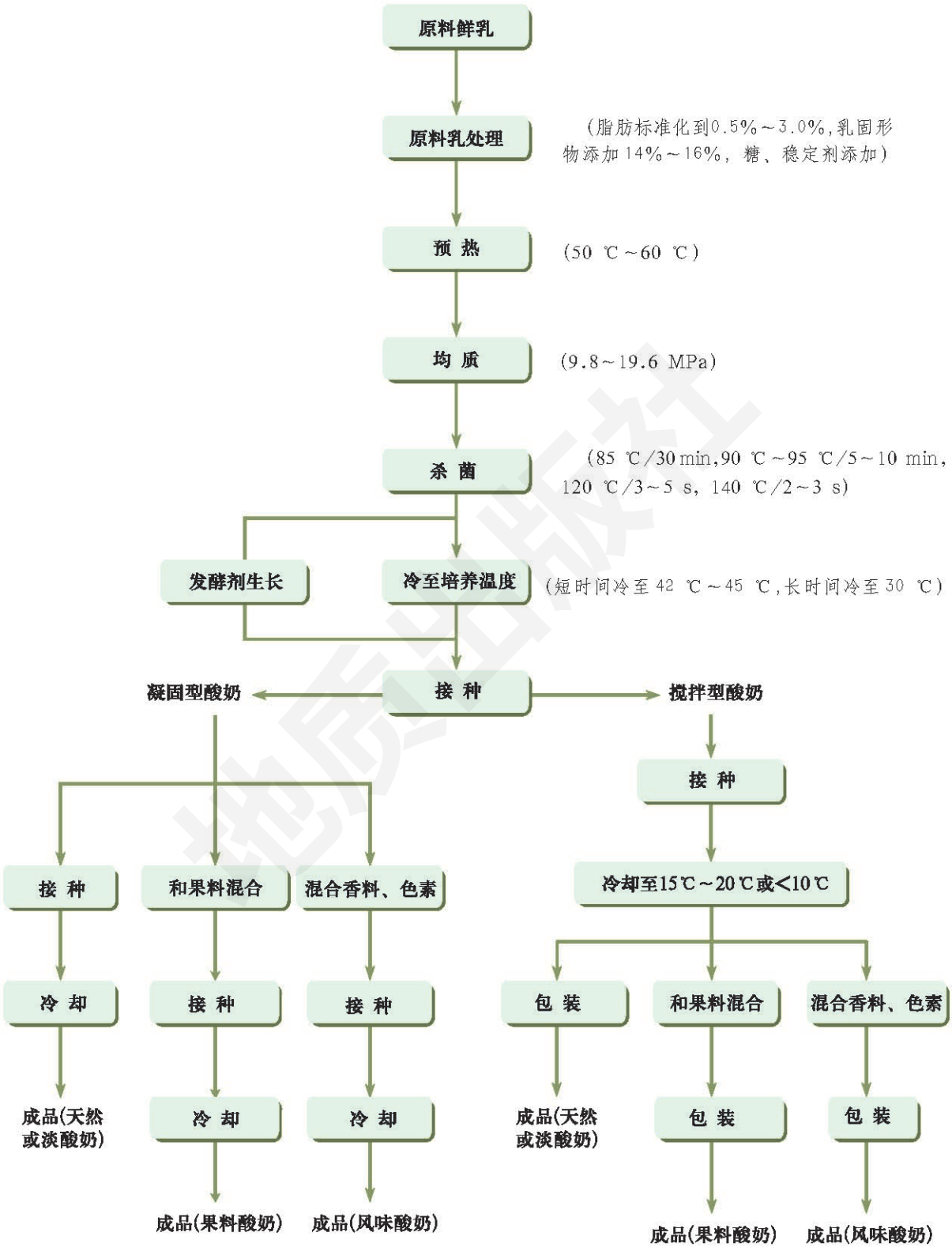


图2–19 酸奶生产工艺流程图

微信公众号：电子课本大全

7. 求解方程 $ax^2+bx+c=0$ 的流程图（图 2–20）

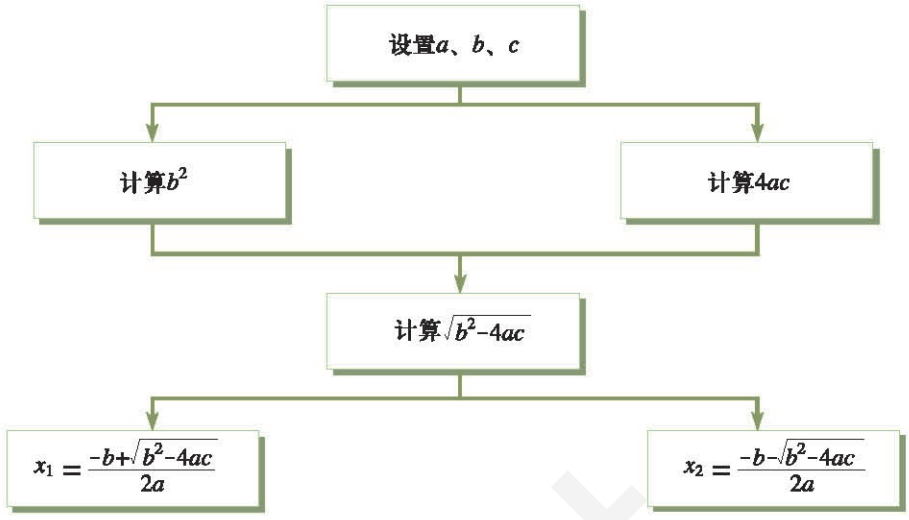


图 2–20 解方程流程图

8. 创新思维活动流程图（图 2–21）

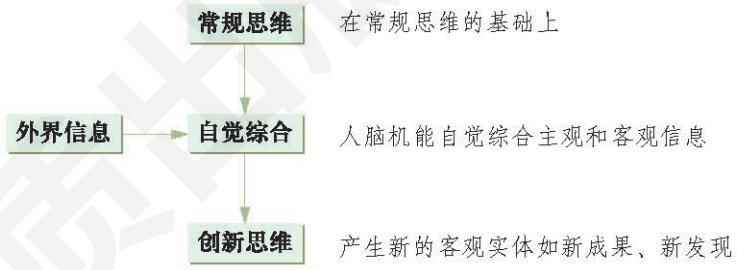


图 2–21 创新思维活动流程图

小资料

创新思维形成过程的三个阶段

创新思维的形成过程大致可分为三个阶段：

1. 储存准备阶段

这一阶段就是明确要解决的问题，围绕问题收集信息，并试图使之概括化和系统化，使问题和信息在脑细胞及神经网络中留下印记。人脑的信息存储和积累是诱发创新思维的先决条件，存储愈多，诱发愈多，任何一项创造发明都需要一个准备过程，只是时间长短不一而已。

2. 思想加工阶段

在围绕问题进行积极的思索时，人脑会不断地对神经网络中的递质、突触、受体进行能量积累，为产生新的信息而动作。这

微信公众号：电子课本大全

一阶段人脑能总体上根据各种感觉、知觉、表象提供的信息，认识事物的本质，使大脑神经网络的综合、创造力有超前力量和自觉性。在准备之后，一种研究的进行或一个问题的解决，难以一蹴而就，往往需经过探索尝试。故这一阶段也常常叫做探索解决问题的潜伏期、孕育阶段。

3.顿悟阶段

人脑有意无意地突然出现某些新的形象、新的思想，使一些长久未能解决的问题在突然之间得以解决。进入这一阶段，问题的解决一下子变得豁然开朗。创造主体突然间被特定情景下的某一特定启发唤醒，创新意识猛然被发现，以前的困扰顿时一一化解，问题顺利解决。这一阶段是创新思维的重要阶段，被称为“直觉的跃进”、“思想上的光芒”。这一阶段客观上是由于重要信息的启示、艰苦不懈的思索；主观上是由于孕育阶段内，研究者未全身心投入去思考，从而使无意识思维处于积极活动状态，不像专注思索时思维按照特定方向运行，这时思维范围扩大，思想信息相互联系并相互影响，为问题的解决提供了良好的条件。



试一试

流程图欣赏的小结

1.流程图多种多样，如图2—19～图2—21。

试依据它们的特征，填写下表。

流程图一览表

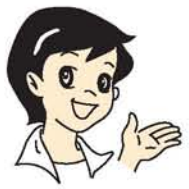
流程图的特征	图　例
单一顺序依次发生	
中间有分支无合并	
中间有分支有合并	
中间有循环	
框图表达形式	
实物图形表达形式	
程序流程形式	
其　他	

2.试就某门课程的一项实验或某项活动，绘制对应的流程图。

微信公众号：电子课本大全

第三节　流程设计应考虑哪些基本因素

要做流程设计，首先要确定该流程的基本环节，然后再确定这些环节的安排、组合与经历的时序。然而，有些流程环节与时序的确定并不容易。



我们应该怎样把握流程设计的环节与时序线索呢？在进行流程设计时，应该考虑哪些基本因素呢？

一、流程设计应该考虑的基本因素

1. 实际流程设计的两种情形

第一种，流程的环节是显性的，即流程的进行、发展规律比较容易看出来，比较容易描述。

例如，在医院看病的流程，它的环节、时序是显见的，虽可有多样组合，但都是比较容易设计的。

第二种，流程的环节不是或不全是显性的，即需要经过大量试验和较长时间的探究后，才能得到它的内在属性和规律，从而得出流程应包含的基本环节与时序，设计出较为成熟的、合理的流程。

例如合成氨的工艺流程，它是经过了多位化学家上万次的试验，才得出在600 ℃、20 MPa条件下合成出氨的试验结论，但转换率较低，仅有2%～8%；后来，又经过不断试验，才得到现在工业生产上使用的、较为成熟的合成氨工艺流程。试想，在那些大量试验研究之前，要想设计出如图2–10所示的合成氨工艺流程是做不到的。

问题思考

在实例2–1中，曾将马铃薯的播种，分成了三个工作过程，即播种流程有三个环节。实际上，长期的农业生产实践与研究发现，马铃薯具有退化特性，即年复一年地都在本地产的马铃薯中选留种子传代繁殖，其后果是经过几年后马铃薯品质明显退化变差。长期的试验研究，也找到了解决途径——换种，即隔几年后就要到外地

微信公众号：电子课本大全

选好种到本地来种。因此，马铃薯播种流程，实际上应是四个环节，如图 2—22 所示。



图 2—22 马铃薯播种流程图

这个简单的实例表明：在掌握马铃薯的内在特性与规律之后，才能设计出好的播种流程。其他活动、事件的流程设计，不也是如此吗？

2. 流程设计应考虑的基本因素

任何活动、事件的流程设计，都要对该活动、事件本身进行深入分析，研究其内在的属性与规律，在此基础上把握流程设计的环节与时序，做出流程的科学设计。研究内在属性、规律和相关因素，就是流程设计应该考虑的基本因素。

二、学画流程设计的框图

画流程设计框图的一般方法：

(1) 根据对事物的内在属性和规律的分析，以及有关的考虑，将流程的全过程，按每个阶段的功能、作用的不同，分解为若干小过程——环节，并用方框表示环节。

(2) 按照每个小过程应该经历的时间顺序，将各环节依次排开，并用箭头线连接起来。

(3) 对某环节，按需要可在方框中或方框外，作简要注释，也可不作注释。



技术实习

学画流程图

1. 参照实例 2—2，找出种水稻流程的环节与时序。

2. 画出流程图。

微信公众号：电子课本大全

第四节　流程是怎样优化的

流程，为指导生活、生产而设计。生活要提高，生产要发展，因此，流程也要改进、创新—— 优化。流程是怎样优化的呢？

一、一个简单流程的评价

1. 储蓄所取（存）款流程的改进与评价

顾客到储蓄所取（存）款，总期盼着能够方便、快速地办完事。然而，实际情形如何呢？

原来，银行为取款设计的流程（图 2–23）：

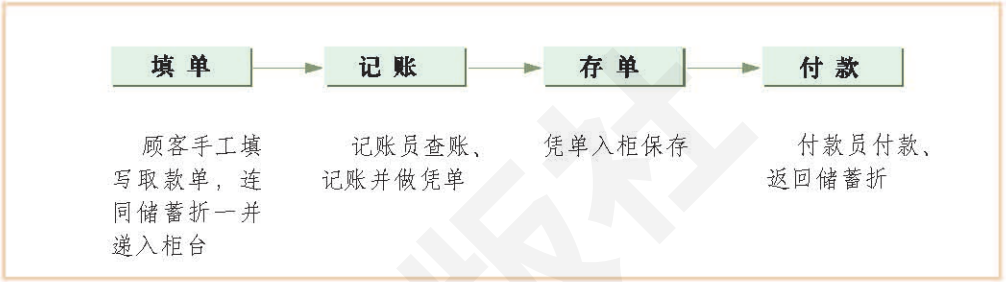


图 2–23　原先的取款流程图

这样的流程，存在什么问题呢？对顾客来说，要填单，等候时间长，不方便、不快捷；对银行来说，要设 2 名人员，工作效率不高，而且保存的是纸质的记账凭单，不可靠。

现在，银行改用的取款流程（图 2–24）：

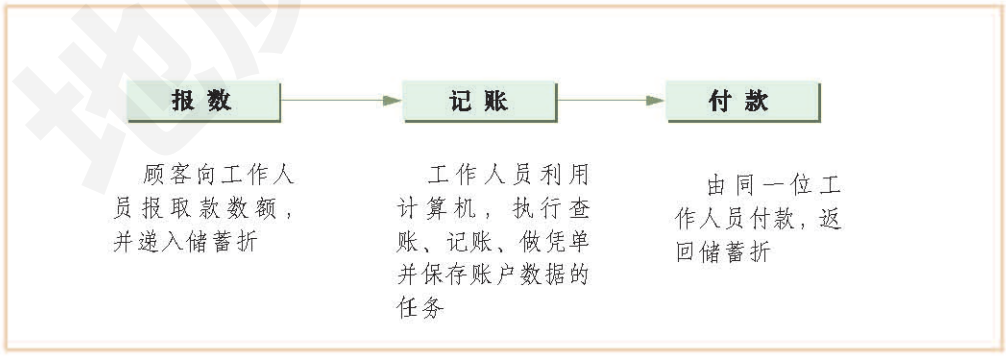


图 2–24　现行的取款流程图

2. 对改进取款流程的评价

现行的取款流程，减少了中间环节，从而方便了顾客；银行减少了工作人员(由原来的 2 名，改为现在的 1 名)，提高了工作效率，降低了差错率。这样的改进，达到了优化目的。

取款流程是怎样得到改进的呢？

现行的取款流程的实现，是由于采用了计算机管理系统。该系统不

微信公众号：电子课本大全

仅完成了原来由人做的大部分工作，还能代替纸质凭单保存数据。

这种流程的改进（优化），是靠提高银行办公设备和工艺水平为条件而得来的，这是社会技术进步的表现。

二、一个较复杂流程的分析与优化

1.对洗衣机工作流程的思考

洗衣机洗净衣物，洗涤剂起到了一定作用。但是，洗衣粉加少了不易去污，加多了将增加漂洗难度和次数，也不利于节水、节电。而且，洗涤剂中的磷，会造成水污染；在衣物上的残留物，容易让人诱发过敏性皮炎。

有不用洗衣粉的洗衣机吗？有没有其他技术同样可以将衣物洗干净呢？

2.洗衣机的去污机理分析

洗衣机的总功能是洗净衣物，去污是核心。加洗衣粉去污，是帮助水流将污垢从衣物上分离下来。要想不用洗衣粉，仍要洗净衣物，那就要针对“分离”（污垢与衣分离），寻找新的技术手段——洗净衣物流程的新机理。



小资料

不用洗衣粉的洗衣机知多少

超声波洗衣机

超声波在衣物之间不断产生微小的真空泡。真空泡在破裂时，会产生冲击波。它将衣物上的污垢从衣物上分离下来，起到去污作用。

电磁去污洗衣机

洗涤头上装有电磁圈。通电后，电磁圈发出微振。在快速振动下，污垢以及附着物迅速与衣物分离。

活性氧去污洗衣机

利用电解水产生的活性氧来分解衣物上的污垢。

臭氧洗衣机

将臭氧泵放在洗衣机中。臭氧分子，可以分解衣物沾染上的尘埃和污垢中的有机物分子，并将其溶入水中，从而将衣物洗净，而且，污水经过滤后，还可多次循环使用。

离子洗衣机

在洗衣机内安装离子水发生器，把普通自来水分解为离子水。离子水的高渗透性及离子独有的对污渍、灰尘的分解作用和吸附作用，将衣物洗净。离子洗衣机，省电又省水。

微信公众号：电子课本大全

3. 洗衣机流程的优化

不用洗涤剂的洗衣机的工作流程，相对使用洗涤剂的洗衣机工作流程来说，显然达到了优化的目的。这主要体现在（参看图 2-5）：

(1) 减去了加洗衣粉的环节。

(2) 减轻了对漂洗环节的负担。比如，采用一次漂洗便可达到满意效果。

(3) 有利于节水、节电、减少污染，这是获取效益的重要方面。

问题思考

洗衣机工作流程是怎样优化的

1. 洗衣机工作流程的优化，达到了哪些目的？

2. 不用洗衣粉的洗衣机，工作流程的优化建立在什么条件和基础之上？

讨论交流

流程的时序与优化讨论

〔命题 1〕

早晨起床后，通常要做三件事，即晨练、洗漱、早餐。假定，从有利于我们的健康和卫生的目的出发，做这三件事的时序应怎样安排，可认为该流程优化了？画出你的流程图，说明你的理由和依据。



微信公众号：电子课本大全

〔命题2〕

用煤气灶做饭，一般都使用排油烟机。实际操作时，有下面的4种时序安排：

A.(煤气)点火→开（排油烟）机→做饭→闭火→关机；

B.点火→开机→做饭→关机→闭火；

C.开机→点火→做饭→闭火→关机；

D.开机→点火→做饭→关机→闭火。

从正确发挥排油烟机的作用出发，上面的哪个流程为优化？为什么？

〔选做命题〕简单电路调试流程的时序安排

电路说明：一个简单的话筒放大器电路，如图2—25所示。为方便识图，用虚线将图分为4个部分。其中，1—话筒输入电路，2—放大电路，3—负载，4—调节音调电路。

试一试：

将电路的4个部分，看做是电路调试流程中的4个环节。为了提高调试工作效率，调试流程的时序怎样安排为优？为什么？

注：电路图中的各参数，仅为参考值，以调试结果为准。

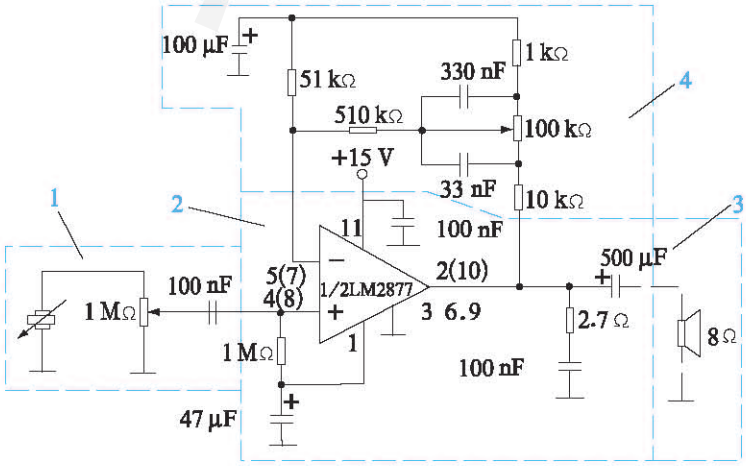


图2—25 话筒放大器电路简图

微信公众号：电子课本大全

三、流程优化的目的与条件

1. 流程优化的目的

对流程的优化，不论是对流程整体的优化，还是对其中部分的改进，如减少环节、改变时序，其目的都是为了提高工作效益、提高工作或产品质量、降低生产成本、节约能耗、保护环境，或者是为了进一步提高学习和工作的自觉性，提高办事效率等。

一般来说，改进后的流程在环节上都趋向简化，但也不尽然。有时，增加环节，也是优化。

阅读材料

冷却对奶粉生产的影响

干燥后，奶粉的温度通常都在60 ℃～70 ℃，温度的高低是根据颗粒大小与在干燥室中滞留位置及工艺条件而定。如不及时对乳粉实施冷却，容易引起蛋白质变性；脂肪球因处于超熔点状态，容易破裂而使游离脂肪量增多。尤其在包装过程中，经撞击与摩擦，会使乳粉中的脂肪渗出到表面，造成在保藏阶段容易发生氧化。

传统的冷却方法是将奶粉放入专用的不锈钢箱内，在室温下自然冷却数小时后筛粉，更先进的是通过干燥室内附带的冷却装置进行冷却，或在卸粉过程中让奶粉通过自动筛网，并用符合食品卫生要求的冷风（5 ℃～8 ℃）进行冷却，使乳粉温度降至25 ℃～30 ℃，低于脂肪熔点。

在图2–9中，如果在喷雾干燥环节之后，加上冷却环节，那么出粉的质量将大为提高。虽然，流程的环节增加了，然而产品质量更优质了。就这个目的来说，流程优化了。

2. 流程优化的条件

流程的优化是需要条件的。要做好优化，就要把握条件，创造条件。

从外部条件的需要看，优化要建立在设备或工艺水平的提高或完善的基础之上。比如，储蓄所取款流程的改进。

从内部条件的需要看，优化要建立在对流程内在机理的进一步研究和实现的基础之上。比如，洗衣机工作流程的改进。

对图2–9所示的奶粉生产工艺流程的改进，首先是基于其内部机理的分析研究，其次是设置外部条件的支持。改进后的奶粉生产工艺流程

微信公众号：电子课本大全

如图 2–26 所示。

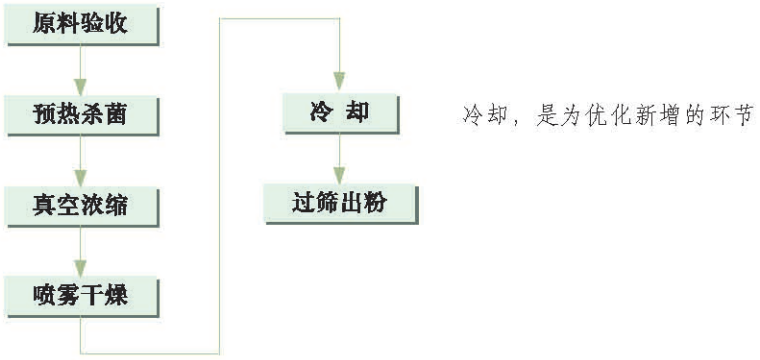


图 2–26 优化后的奶粉生产工艺流程图

四、流程优化的启示与思考

1.不满足现状是一种动力

自动化洗衣机，已是不错的家用电器。然而，提出有没有不用洗衣粉的洗衣机这一问题，就是不满足现状。不满足现状，就要寻找出现有工作流程中存在的问题，对问题进行改进。改进就是优化！显然，不满足现状就是技术革新的动力。

2.充分调动技术的转移特性

洗衣粉和洗净衣物，有着必然的联系。而超声波技术、电磁技术、离子技术等，本来不属于与洗涤相关领域的技术。但是，可以利用技术转移特性（也称迁移特性），把那些其他领域的技术，用到自己所要解决的问题上来。这里，有一个找准技术结合点的要求。例如，经过机理分析得出：“分离”，就是采用其他的各种新技术来去污的结合点。

问题思考

流程的优化给我们带来了哪些启示？

例如：1.是什么推动了优化？

2.优化的办法从哪儿来？

试一试

尝试技术转移

就前面出现过的案例或实例中的某一个，或是自己另找一个，尝试一下利用技术转移可否得到优化的效果。

提示：1.要优化，就要找出（分析）原有流程存在的问题。再针对问题，考虑应用技术转移的可能性，找出优化的办法。

2.重在尝试、体验过程，不在结果。

微信公众号：电子课本大全

3. 优化需要明确的目标与相应的条件

○ 流程的优化，是多目标、多方面（多角度）的。具体流程的优化或改进，有具体的目标和具体的指标要求。优化或改进可以体现于环节的改变（减少、增多或改换）—— 环节的优化，也可以体现于时序的改变 —— 时序的优化，例子不胜枚举。

○ 优化，通常是在具备一定技术条件下的优化，如取款流程的改进；有时，是具有技术创新性的优化，如奶粉生产工艺中增设冷却环节的优化。

第五节　我们也来做流程设计

一、自己动手，改善我们的活动与环境 ——选题学做流程设计

设计的参考选题

A 类

粉刷装修我们的教室的流程。

办一期自己的班级或年级小报的流程。

组织一次班内或班际的小型田径比赛的流程。

B 类

改进某一个理化实验的流程。

改进校学生会选举的流程。

改进一次主题班会的流程。

组成设计小组并选题

全班分成若干设计小组。各组的设计课题可采用下面的两种方式选题：

各组都选同一个题。分组设计，并拿出各组的设计方案；全班评定采纳最终优化方案。

各组选不同的题。各组自定设计方案；全班交流、评审。

微信公众号：电子课本大全

做法与要求

准备

不论做哪个题，设计前都要做一些准备，包括寻找有关资料阅读、学习相关知识与技术；分析做该题设计会碰到哪些问题和困难，拟采取哪些措施。对于自选课题，需要进行课题论证。

设计

明确该题的流程应包括哪些环节，应该遵循什么样的时序，得出初步设计方案。

优化

全班对各小组的初步设计方案进行评价，提出改进意见。

画流程图

各小组根据评价和改进意见，经过充分研讨，得出设计方案，画出流程图，书面说明设计方案的特点。

对部分题目的点拨与提示

（1）关于粉刷装修教室

用什么料，如何兑料？用什么工具和方法粉刷？

怎样考虑教室内原有的桌、椅搬动？

怎样保护门、窗、黑板、照明灯？

有哪些安全和环保问题要考虑？

（2）关于办报纸

办报的目的和主旨是什么？

怎样组织稿源？

怎样编辑？怎样出版（形式）？

怎样与我们的学习生活相结合？

（3）关于组织一次比赛

确定比赛项目和每个项目决赛人数限制。

小型比赛的赛程不能太长。

比赛项目的并行与交叉进行。

交流与评价

交流

展示方案。

方案报告人作设计说明。

微信公众号：电子课本大全

讨论

大家提问→设计小组给予答疑或吸纳建议。

讨论中，每人都要注重交流能力的自我培养与实践。

评价

评价标准：

流程设计中的环节、时序，是否科学、合理？

设计的流程的可行性如何？对问题或困难所采取的措施，切实可行否？

设计的流程的优缺点有哪些？

评价方式：

同学做自我评价；大家讨论，同学间给予评价；请老师点评，或请有关专家指点。



问题思考

回顾第一章第三节中的小资料“注重交流能力的培养与锻炼”，思考以下问题：

1.你对交流能力是怎样认识的？你认为交流能力和其他能力一样重要吗？

2.你在表述某一个思想观点或认识时，注意到把握准确、清晰、简洁了吗？

联系这次流程设计，如果你是报告人，将作何考虑？

3.平常，你注意和他人交谈吗？

联系这次流程设计，你得到了哪些“取长补短”的收获？你是怎样尊重他人不同意见的？

4.你很注重从课堂教学和亲身实践以外的途径，去获取知识吗？你打算怎样做？

5.在听到与自己相同的意见或称赞自己的意见时，除了从充实自己的一面去吸取意见之外，能不能从中发现自己意见的不合理之处或不完备处；在听到与自己不同的意见或批评意见时，除了从中发现对方意见的不合理处来充实自己的意见之外，是否能从中发现别人意见中的合理处或不完备处，来改进或否定自己的意见。

微信公众号：电子课本大全

技术试验

一项改进教学活动流程的试验

试验对象的选择

研究对象，可以是某一门课程，可以是某一个试验，也可以是一个教学活动；可以是正在教学中的，也可以是教学过程已经完成了的。

对象的选择，由同学讨论、老师指导来确定。

试验的目的

以一项教学活动的流程为载体，通过改进流程试验，明确改进流程的目的，进一步理解流程改进所需的条件，体验流程优化过程，感受主动创造的乐趣。

参考步骤

1.明确对象的原有流程，包括环节、时序与特征。

2.找出原有流程存在的缺点或问题，分析其发生的原因和背景。

3.调查(与本试验对象)相关因素，搜集相关资料。

4.提出对原流程的改进性意见和建议，包括需要满足的条件。

5.画改进的流程图。

6.采用对比的方式说明改进的流程的优越之处，用文字或图表的方式均可。

评价

贯穿评价的主线：你的根据是什么？

例如，找出原流程的问题或缺点，根据是什么？分析得出的原因和背景，根据是什么？尤其是提出的意见和建议是优化了吗？根据是什么？

评价的侧重点：新观点、新思想、新的尝试表现在哪里？

评价准则：

对于一项教学活动流程的优化，这里主要考虑两点：

1.是否利于提高学习效果？

2.流程优化所需要的条件的可实现性如何？

评价的方法：

1.讨论，包括辩论，甚至是争论。讨论，不仅是学习科技最有效的方法之一，也是评价常用的一种方法。

2.倾听老师和有关教育权威人士的意见。

微信公众号：电子课本大全

二、流程设计后的思考

在已经做过的流程设计和优化流程试验中，你都考虑了些什么问题？

例如：

所设计的流程，如何考虑所要采用的技术原理、方法和手段，以及可操作性问题？

所设计的流程，如何考虑所需的支持条件的可行性问题？

所设计的流程的环节、时序，怎样确定下来？

所设计的流程你满意吗？需待改进的问题如何考虑？

如果做流程优化，则需要建立的内外条件有哪些？

参照以上几方面问题，大家一起来回顾、归纳、整理并记录下来。记录可以采用文字叙述方式，也可以采用列表（见后面参考格式）方式。

其实，一个流程的设计或改进，要考虑的问题很多，最主要的是对其内、外条件的研究与考虑，从而正确设计出环节与时序。流程要达到的目的是一定的，但实现流程的技术途径可以是多样的；而且，技术是不断进步的，优化是永恒的命题，流程也不例外。

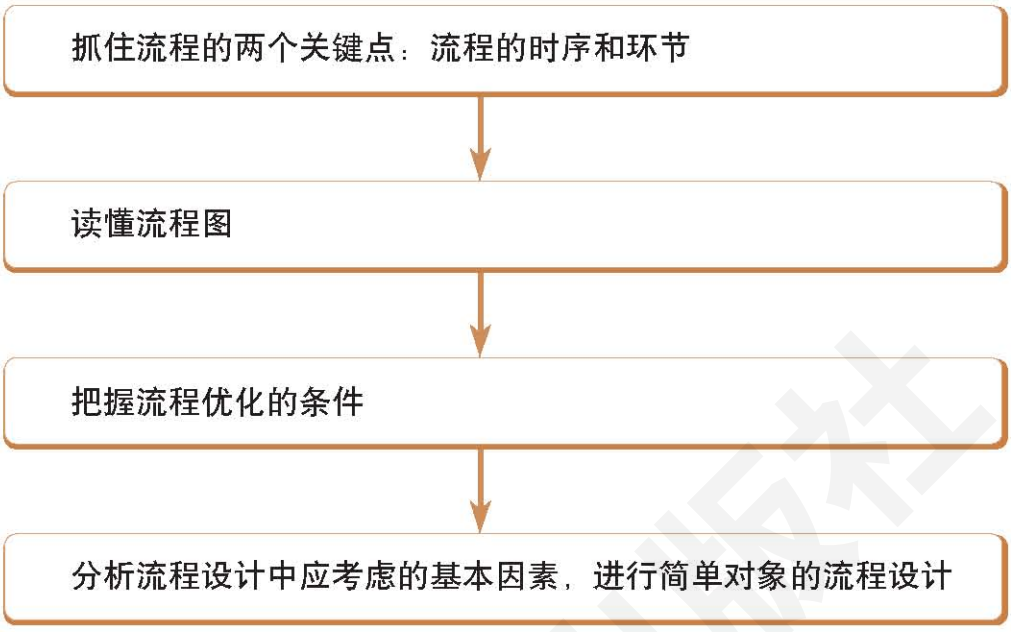
附：记录简表

考虑的问题	考虑的思路与根据
采用的技术	
可操作性	
支持的条件	
可行性	
环节与时序的确定	
满意程度	
待改进的问题	
优化的内外条件	

微信公众号：电子课本大全

学习流程与设计的小结

通过学习流程与设计，要培养我们优化学习、工作与生活流程的能力。因此，要求掌握好：



大家共同来总结一下：按照上述的要求，学得怎么样？有哪些收获？有什么经验教训？

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

第三章 系统与设计

日常生活中，人们常提及“某某系统”。如神舟5号载人航天飞船系统、2008年北京奥运会场馆设施与比赛组织系统、长江三峡大坝及水电站系统、都江堰水利系统等，让人为之骄傲和自豪！还有许许多多的系统，如学校教学管理系统、村镇和城市社区组织系统、供电用电系统、邮电通信系统等，又让人感到系统是那样亲近。可仔细想想，好多系统仍似乎看不清、摸不透，有种神秘的感觉。那么，究竟什么是系统？系统有什么特性？怎样设计系统呢？

第一节 揭开系统的面纱

一、大棚温室内部环境——人工营造系统实例

1.棚室作物生长环境

你亲眼见过大棚温室吗？你了解它所蕴含的技术吗？大棚温室采用了多种技术，人工营造出适于作物生长的小环境，避免了极端天气对棚内作物的危害。我们将光照、温度、土壤、气体等方面条件的综合，称为棚室作物生长整体环境。大棚温室内，作物生机勃勃，一片盎然，如图3–1所示。



图3–1 大棚温室内景一角

微信公众号：电子课本大全

2.棚室环境系统的组成

棚室环境，需要由一些调节设备来保证。这些设备各具特定功能，它们相互配合，共同营造出作物正常生长的环境。

作物生长的整体环境，又称为**环境系统**。有时，将上述那些设备的组合也称为系统。实际上，它们是环境系统下面的小系统，称为环境系统的子系统。可见，系统有大有小，一个大系统可以包含若干个小系统。棚室环境系统的组成，如图 3–2 所示。

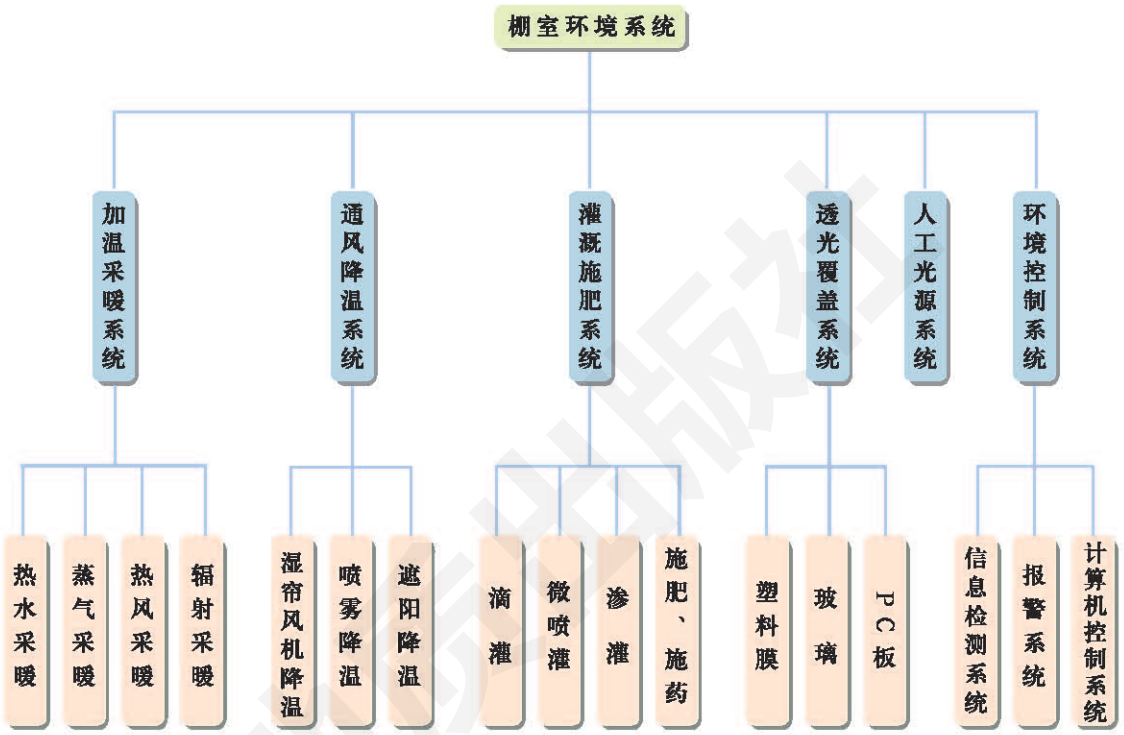


图 3–2 棚室环境系统组成示意图

由图 3–2 可见，棚室环境系统由加温采暖系统等 6 个部分组成。其中的每个部分，相对于整个环境系统而言，都是小的系统，即环境系统包含了 6 个小系统。

加温采暖系统等 6 个系统，它们的功能既相互区别，又相互依存，相互配合，共同构成满足需求的棚室环境。

在棚室所处的外部条件变化时，环境系统（人工）营造出合适的内部环境，以满足作物生长的需要（目的）。

总之，棚室环境系统是由相互依存的若干部分（6 个子系统）组成的，是具有特定功能的有机整体。

微信公众号：电子课本大全

二、智能化大楼
——当代智能化系统实例

智能化大楼是现代建筑与高新技术相结合的产物，是将结构、系统、服务、管理四个基本要素进行优化组合的建筑，也称为智能建筑，为人们提供幽雅舒适、便利快捷、高度安全的工作、学习与生活环境。

北京的学院国际大厦，是5A智能大楼，也是一座人性化的新时代大楼，如图3–3所示。

1.智能化大楼系统的组成

智能化大楼系统（5A）的组成如图3–4所示。



图3–3 学院国际大厦

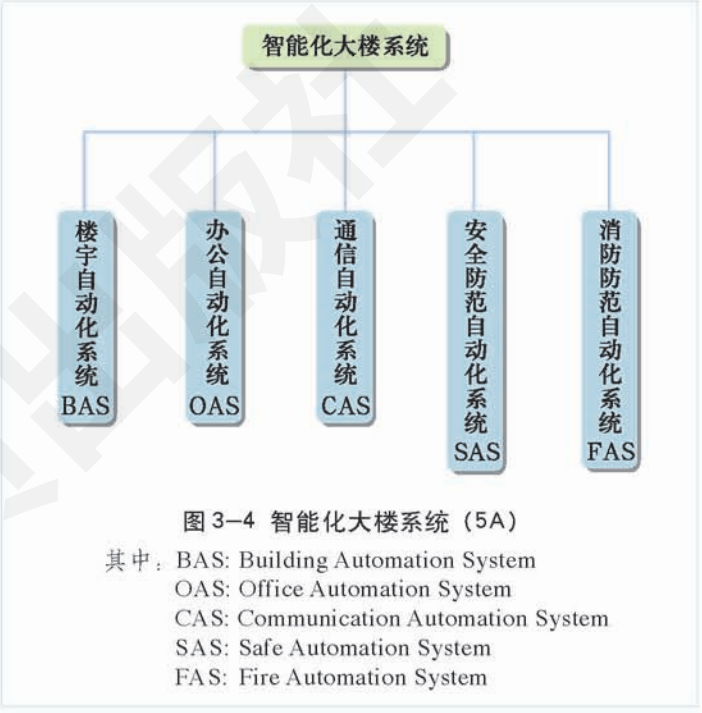


图3–4 智能化大楼系统（5A）

其中：BAS: Building Automation System
OAS: Office Automation System
CAS: Communication Automation System
SAS: Safe Automation System
FAS: Fire Automation System

有时，人们将FAS和SAS纳入BAS范畴。那么，智能化大楼系统（3A）的组成可用图3–5表示。



图3–5 智能化大楼系统（3A）

微信公众号：电子课本大全

BAS、OSA、CAS，又分别由它们所属的下层系统组成。以BAS为例，它由中央管理站、各种控制器、各类传感器、执行机构组成。BAS的主要组成如图3–6所示。

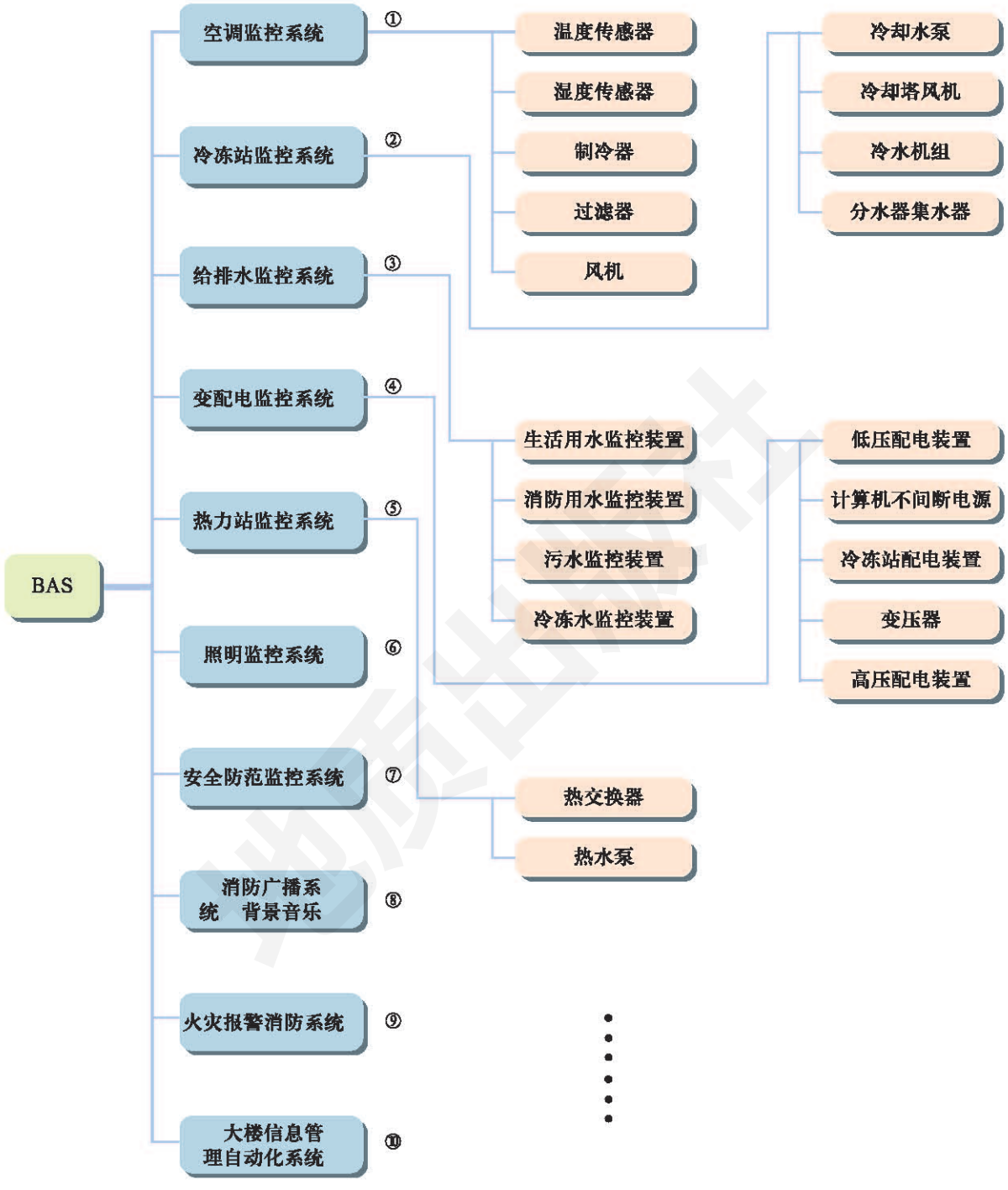


图3–6 BAS组成示意图

图3–6中，⑥～⑩的下层没有再画出。

由图3–5和图3–6可见，智能化大楼系统是由相互依存的若干子系统（5A或3A）组成，每个子系统又分别由它们所属的下层系统或装置组成；各层系统的最后一层，分别由

微信公众号：电子课本大全

各计算机、各种控制器、各类传感器、各执行机构组成；各子系统间结合成有机整体，实现安全、舒适和便捷的服务功能。

由上可知：智能化大楼作为系统的构成具有层次关系，即系统可以分解为子系统，子系统又可以层层往下分解，得到子子系统……最后的层次称为**元素**。显然，元素是实现系统功能的最小单元。

2. 智能化住宅小区系统的组成

在智能化写字楼实现之后，逐步扩展到智能化住宅上。智能化住宅小区是现代住宅建设的发展趋势。智能化住宅小区“3A”系统，其组成如图 3–7 所示。

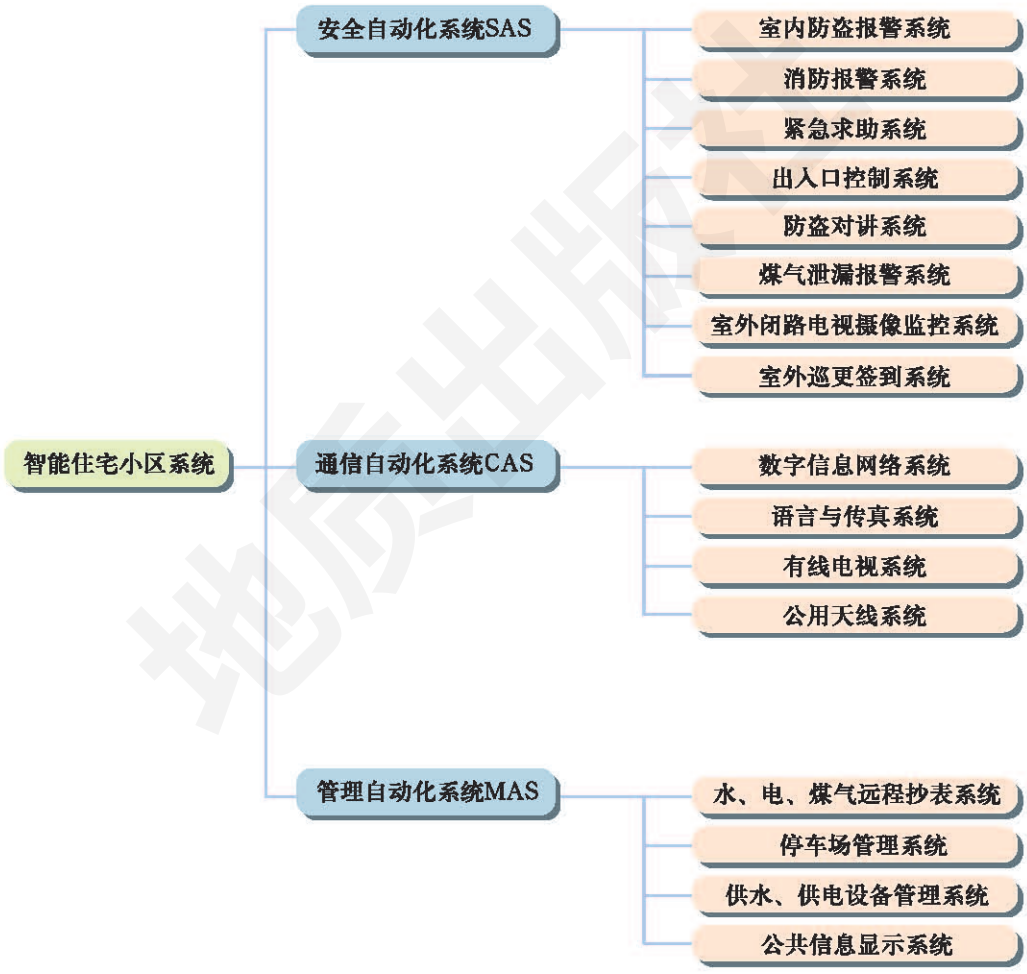


图 3–7 智能化住宅小区系统的主要组成

图 3–7 所示的系统，同样可层层分解，直到元素。以 SAS 下属各系统为例，红外线防盗探测器、烟传感器与温度传感器、煤气泄漏报警器、监控摄像机、签到器、保安对讲机等，均为系统的元素（图中未画出）。

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

人体系统

人体系统不同于上述的两个系统，属于高级的自然系统。

1.人体系统的组成

人体是高级、精密系统。在当今技术世界中，人体系统具有重要启示作用。

人体系统由运动系统等多个系统和感觉器官共同组成；而每个系统又分别由若干部分组成，如人体的运动系统由骨、骨连结、关节、肌肉等部分组成。

组成人体的每个系统，各具相应的功能，它们之间相互作用、相互依赖。如运动系统的骨骼与肌肉，离不开心脑血管输送来的氧气和养料，而氧气又来自呼吸系统，养料又来自消化系统……即使人体处于生病状态，某一部分有病，也会反射到其他部位，这是相互作用的又一种表现形式。

2.人体系统构成的层次关系

人体系统的构成具有层次关系，即人体可以分解为若干个子系统，而每个子系统又可以层层分解。

(1)系统与子系统

人体是系统，而它的各组成部分也是系统，如运动系统等。实际上，后者是人体系统的子系统（又称分系统）。换句话说，一个较大的系统（人体系统），可以由若干个子系统（如运动系统等）构成。同理，子系统还可以由若干个子子系统或元素构成。

(2)子系统与子系统

子系统与子系统之间，是相互区别、相互作用和相互依赖的。如运动系统在神经系统支配下，通过肌肉收缩，牵拉其所附着的骨，以关节为枢纽，达到做杠杆运动的目的。

人体运动系统的高级活动，像语言、书写等，都是在神经系统的支配下，由肌肉收缩实现的。运动系统的简单运动，也是在神经系统的支配下，一些肌肉收缩，另一些肌肉则予以协调配合，甚至有些处于对抗地位的肌肉，此时则适度放松紧张度，使得动作平稳、准确，起到相辅相成的作用。

由此可见，人体是一个多么高级的系统。再先进的机器人，它的运动系统和神经系统之间的相互配合程度，也远不及真人！

(3)子系统与元素

微信公众号：电子课本大全

子系统也可层层分解。在人体系统中，如将骨、肌肉、心脏、肺、胃、肠等，看成是分解的最后层次和最小单元，那么它们就是完成人体系统功能的诸元素。

3.人体是复杂而优化组合的系统

从上面的分析可知：人体是高级系统，高于任何其他系统，是复杂而优化组合的系统。许许多多的仿生系统，都是从人体系统中激发出的灵感、获取的启示研制成功的，这是当今技术迅速发展的一个重要特点。你能列举出一些仿生系统的实例吗？

人体系统的某些奥秘，至今还鲜为人知，正等着人们去探究、去揭示！

三、系统的含义与分类

问题思考

从系统的含义看，系统的基本特征是什么？如果我们向他人介绍某系统，应首先介绍这个系统的哪些方面？

1.系统的含义

塑料大棚是系统，智能大楼是系统，人体也是系统。大到浩瀚的银河系，小到原子，它们都是系统。

系统是由相互依存的若干个部分组成的、具有特定功能的有机整体。或者说，系统是由相互依存、相互作用的若干个元素构成的，并完成特定功能的统一体。

2.系统的分类

系统不仅有大有小，而且其结构、功能、行为和环境也不尽相同，系统可按不同的标准和需要分类：

(1) 自然系统和人造系统

由自然物自然形成的系统，称为自然系统。如人体系统等。

由人工建造、加工而构成的系统，称为人造系统，也称为人工系统。如人造地球卫星、桥梁（不包括天生桥）、房舍等。它们的基本元素（如零件）和整体多是人类文明与科技进步的产物。

由自然系统与人造系统复合而成的系统，称为复合系统，如城市系统、村落系统等。

(2) 实体系统和抽象系统

由看得见、摸得着的具体实体为元素所构成的系统，称为实体系统，也称为硬系统。如机器中的传动系统、棚室中的采暖加温系统等。

由一些概念、原理、方法、制度、程序等元素所构成的系统，称为抽象系统，也称为概念系统、软系统。如班主任老师为我们制定的全面发展成才培养规划系统、智力竞赛软件系统等。

微信公众号：电子课本大全

(3) 静态系统和动态系统

按系统的状态与时间的关系，可以分为静态系统和动态系统。

一类系统的结构和状态，不随时间的推移延续而变化，称为静态系统。如棚室环境系统等。

根据物质运动的普遍规律决定了另一类系统的结构和状态具有产生、变化与发展、消亡过程的系统，称为动态系统，如城市系统、生态系统等。

绝大多数系统属动态系统。静态系统是有条件的、暂时（阶段性）的和相对的。

(4) 开放系统和封闭系统

在客观上，系统总要存在于环境之中，互相进行物质、能量及信息的交换。

要与环境相互发生联系、交换的系统，称为开放系统。绝大多数的系统，都属于开放系统。如人体系统是开放系统，它需要从外界摄取食物、氧气和水，又要向外排除废物。

不与环境发生联系的系统，称为封闭系统。例如，停建或缓建的工程，可以看做是暂时的封闭系统；密闭容器中的化学反应，在一定初始条件下，各反应物在容器中经反应达到一个平衡态，这也是一个封闭系统。

系统与环境之间，不断地、广泛地交换，不断地输入、输出，系统才会更具有生命力。绝对的封闭系统是少见的。

阅读材料

系统的其他分类

简单系统与复杂系统

简单系统是指组成系统的子系统或元素的数量很少，因而它们之间的关系也比较简单，或者尽管子系统数量多或巨大，但它们之间的关联关系比较简单。按照子系统的数量级，简单系统还可分为小系统（子系统数量为几个、十几个）、大系统（子系统数量为几十个、上百个）、简单巨系统（子系统数量成千上万、上百亿、万亿等）。近20年来，处理这种系统的理论发展很快，如耗散结构理论和协同学等。

复杂系统的最主要的特征是具有众多的状态变量，反馈结构复杂，输入与输出呈现非线性特征，或者说是高阶次、多回路、非线性的。如果复杂系统中的子系统数量极大，种类很多，它们之间的相互关系又很复杂，则称为复杂巨系统。尽管这类系统具有客观的确定规律，但子系统的差别造成了规律的多样化。如人体系统、地理系统、城市系统等都是复杂巨系统。目前对复杂巨系统的研究还处于探索阶段，方法还不成熟。

微信公众号：电子课本大全

黑色系统与白色系统

信息完全明确的系统称为白色系统，信息完全不明确的系统称为黑色系统，信息部分明确、部分未知的系统称为灰色系统。如把学校看作一个系统，显然学校内的教工数、学生数、固定资产等信息完全明确，即为白色系统。相反，遥远的星球，也可看作一个系统，虽然知道其存在，但体积多大、质量多少、距地球多远等信息完全不知道，就像是一个“黑洞”，这类系统即为黑色系统。一个城市系统，如对其经济发展和交通规划，与环境保护之间的相互关系等尚未完全搞清，则为灰色系统。

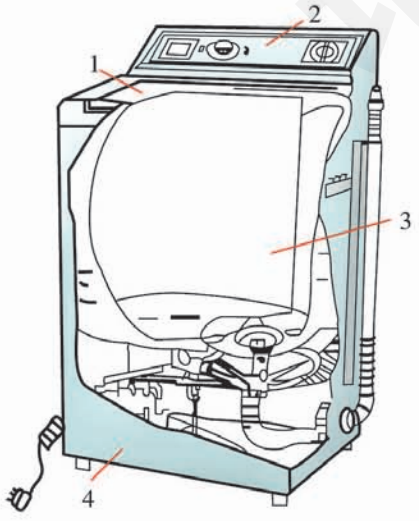
第二节　系统的基本特性分析

系统有多种多样，即使同属一类，也各具不同的特色。它们各自以不同的结构，呈现出不同的功能。然而，作为系统，它们都具有什么样的特性呢？

一、波轮式全自动洗衣机系统分析

1. 组成与功能

在第二章，已介绍过波轮式洗衣机的工作流程。它的结构示意图如图 3–8 所示。



1. 上盖
2. 操作面板
3. 洗衣桶
4. 机箱

图 3–8　波轮式洗衣机结构示意图

(1) 组成

波轮式洗衣机由洗涤与脱水桶、波轮、传动机构、操作与控制面板、机箱体、进水机构、排水机构和供电线路等部分组成。

(2) 功能

洗衣机的总体功能是洗净衣物。为达此目的，它的各组成部分各具分功能和作用，以支撑实现总功能。

以波轮为例：波轮上有几条突出的筋，如图 3–9 所示。波轮以每分钟数百转的速度转动，带动洗涤液形成强烈的涡流，使液体和衣物作旋转和翻转运动，洗净衣物。

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

波轮的不同安装方式与洗涤效果

波轮在洗衣桶中有不同的安装方式。装于桶底的称为涡卷式；装于桶侧壁上的称为喷流式；在洗衣桶两相对侧壁上都安装波轮的，称为双喷流式。

喷流式洗衣机，波轮通常以 500～700 r/min 的转速运动。洗涤时，类似于手工洗衣。其特点是洗涤时间短、污垢容易洗掉、机器结构简单、故障少和造价低廉。但由于其水流激烈，衣物容易拧绞在一起，因而洗涤不匀，对织物的损伤较重，且洗涤时洗涤液容易飞溅。为了使衣物翻滚良好，洗涤液必须充足。双喷流式洗衣机，洗涤时衣物在桶内容易翻滚，不易拧绞在一起。

针对喷流式洗衣机对织物损伤较重、洗涤液易飞溅等缺点，开发了涡卷式洗衣机。由于涡卷式洗衣机波轮装在洗衣机桶底部，洗涤时形成强烈的涡流。其特点是洗涤时间较短、结构简单、价格便宜、磨损较轻。



图 3–9 波轮形状与水流形成

问题思考

1. 洗衣机的结构组成与它的功能是什么关系？
2. 洗衣机波轮安装方式与洗涤效果是什么关系？
3. 洗衣机的其他组成部分（除波轮外）对总功能各起什么作用？

2. 洗衣机内部各组成部分之间的关系

洗衣机的各组成部分，对于洗衣机的总体功能来说，各起到一定的作用。例如，波轮可激起水流；桶装水与衣物，等等。各组成部分，也可按其功能分别称为给水子系统、驱动运动子系统、操作控制子系统、支撑子系统等。那么，各组成部分之间，又有什么关系呢？

先从各个局部看：

供电、驱动→波轮旋转→水流形成；

进水（也称注水）→洗涤、漂洗→排水；

微信公众号：电子课本大全

面板上各开关、按钮→各种洗涤程序；
将各部分组装于机箱体内→洗衣机整体。
再从横向看：

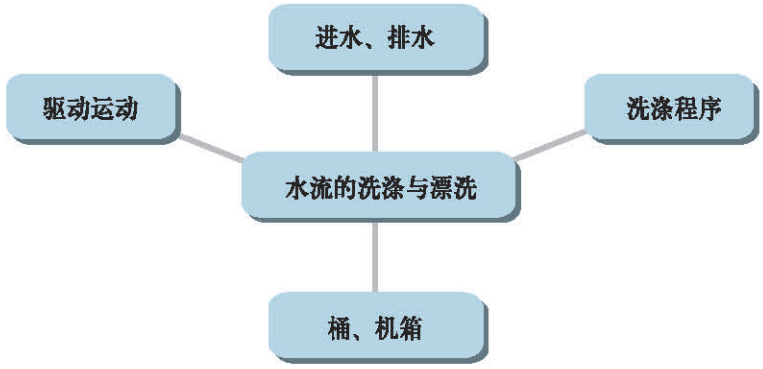


图 3–10 洗衣机主要组成部分之间关系示意图

问题思考

1. 洗衣机的各子系统间是怎样相关联的？

2. 试指出几个洗衣机系统的元素。

由图 3–10 可知：水流的洗涤与漂洗，简称为洗，是洗衣机的核心；围绕着它，各组成部分有机关联。洗衣机作为一个整体，它的各组成部分，即各子系统之间，少了哪个都不行，哪一部分坏了，洗衣机都不能正常工作。

3. 洗衣机和外界环境之间的关系

洗衣机的工作过程，是在客观的外界环境中进行和完成的。图 3–11 表示它和环境之间的关系。

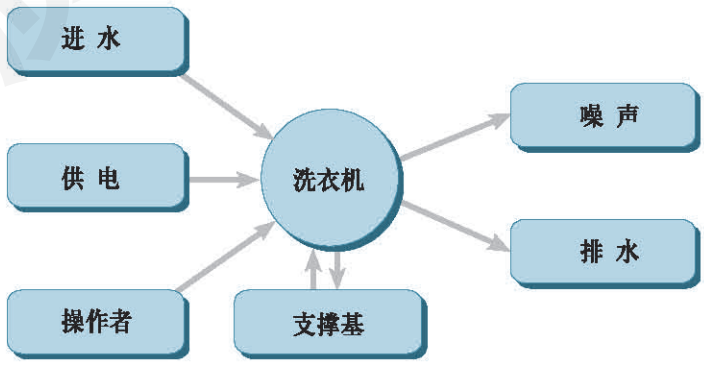


图 3–11 洗衣机（系统）与环境关系示意图

进水　环境给洗衣机注入工作(洗)的介质。
供电　环境给洗衣机提供工作能量。
操作者　环境(人)向洗衣机发出工作程序的信息。
噪声　洗衣机工作过程中向外界环境强加的一种影响。

微信公众号：电子课本大全

排水　洗衣机工作过程中向外界环境排放物质（污水）。

支撑基　有两层关系：一是左边的指向洗衣机的箭头，表示环境给洗衣机提供支撑；二是右边的指向支撑基的箭头，表示洗衣机工作过程中向外界环境强加的又一种影响，如振动。

问题思考

洗衣机和外部环境间的关系

1.洗衣机工作时与外界环境有哪些关系？你能使用一些技术术语来表达这些关系吗？

2.如果给洗衣机注入温水或是很凉的冷水，会给洗衣机的洗涤效果带来哪些影响？试着结合上面的某幅图给予恰当的解释。

3.如果电源电压或频率有大幅度的波动，会给洗衣机的工作带来什么影响？

提示：先查阅有关电源参数波动对电器设备影响的技术资料，再考虑本问题。

4.洗衣机工作时，放置在什么地方（如浴室、洗手间或是其他地方）为好？为什么？

提示：

(1) 从环境与系统、子系统关系的角度来考虑问题。

(2) 可以带着问题与家长或老师交谈，也可以查阅洗衣机的使用说明书。

4.洗衣机系统的评价与小结

(1) 评价

洗衣机作为一种产品，用户关注其性能。通常评价产品性能的好坏主要考虑以下几点：①可靠性、返修率；②实用性，包括洗涤容量、外形大小等；③性能／价格比；④安全、节能、环保；⑤外表、美观。

(2) 小结

洗衣机系统，作为一个整体，它的总体功能是洗净衣物。它的各个组成部分都是围绕着支撑实现总功能来确定其结构、工作方式的；各个组成部分的设计要服从于整体功能、整体效益的需要。

洗衣机系统，由若干个子系统组成。各子系统之间相互联系、相互作用、相互依赖（参见前页的“问题思考”）。

洗衣机系统，总要工作在某个外界环境之中。它既要适应正常的工作环境，又要避开恶劣的环境。

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

可 靠 性

所谓产品的可靠性，通常是指在规定的条件下和规定的时间内，产品完成预定功能的概率。对不可修产品，从开始使用到失效时所运行的这一段时间，称为产品寿命；对可修产品，则称其为产品的无故障运行时间。洗衣机属于可修产品，因此它的可靠性是以平均无故障运行时间的长短来评价的。我国的标准是，无故障工作次数累计达400次为合格。洗衣机是大件产品，搬动不方便，产品的可靠性就更显得重要。可靠性好，返修率则低。

二、龙舟赛艇系统分析

你一定见到过或听说过我国独有的龙舟比赛吧，如图3–12所示。从那种令人兴奋、励人争先的场面中，你观察到了些什么呢？想到了些什么？对其中的胜者有何评价？



图 3–12 龙舟赛艇比赛

1. 龙舟赛艇系统的功能与构成

(1) 系统的功能

龙舟赛艇系统（以下简称系统）用于团队间的比赛，以到达目的地的先后顺序记名次，作为比赛成绩。

微信公众号：电子课本大全

(2) 系统的构成

艇体子系统：支撑荷载；合理的艇身造型可以减少水的阻力。

运动子系统：主要由若干副桨组成，用于划水；艇后设舵或由一桨代替。

动力子系统：由若干名运动员组成，按艇上指挥号令划桨。

2.比赛取胜要素

比赛取胜的要素是：一要快，二要方向性好。

要快，就要求众人划的力量大、持久，让赛艇获得强劲的加速度和运动速度。赛艇比赛作为竞技运动的技术而言，要快，比的就是划桨的幅度与频率。

要方向性好，就要求众人划得齐，让赛艇尽量走直线，尽量减少赛艇在前进方向上的左摆右晃。

3.赛艇的定量分析的尝试

(1) 作用于艇上力的平衡

由牛顿第二定律，可以写出力的平衡方程式

$$m\boldsymbol{a} - \boldsymbol{F} = 0 \tag{3-1}$$

此式左边第一项中的$\boldsymbol{a}$，表示运动体获得的加速度；第二项$\boldsymbol{F}$，表示施加于运动体上的外力总和，包括动力、阻力或其他的力。这两项，在运动中构成了力的平衡。

(2) 赛艇速度的获得

在起点，赛艇都处于静止状态、待令而发，初速度为零，可记为$\boldsymbol{v}_0=0$。

发令后，众人奋力划桨，水给桨以反作用，赛艇得到动力，记作$\boldsymbol{F}_1$；空气和水给赛艇的运动阻力，记作$\boldsymbol{F}_2$。艇与人的总质量m已知，由

$$\boldsymbol{F} = \boldsymbol{F}_1 - \boldsymbol{F}_2 \tag{3-2}$$

和

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{F}/m \tag{3-3}$$

可以算得加速度$\boldsymbol{a}$。在加速度作用下，赛艇就获得了速度。不断施加动力，不断获得加速度，艇便快速前进。

可见，如果作用于赛艇的动力强，则赛艇的运动速度就会快。

(3) 赛艇质量的权衡

赛艇的质量是由两部分组成的，即赛艇及其设备，加上艇上人员。

一般来说，力气大的人，体重也大。当艇上体重大的人多了，总质

微信公众号：电子课本大全

量m也就大了。总质量的加大，对获得快速不利。怎样考虑、怎样决策？

上艇运动员的选择要求应该是：力气大而质量相对小。这样，通过公式$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{F}/m$的计算，就可以获得较大的加速度$\boldsymbol{a}$。如果选择不当或相反，则赛艇的速度是不会快的。这就是运用系统的思想及定性、定量相结合的方法，来分析和处理问题的基本思路。

(4) 赛艇运动的数学描述

上面的分析表明，赛艇运动可以依据牛顿第二定律，进行严格的定量描述。比如，在m一定的条件下，$\boldsymbol{a}$定量地依赖于$\boldsymbol{F}$的变化而变化。能获得多大的$\boldsymbol{a}$，是可以进行定量计算的。

这种描述运动特性（如动力学关系）的数学表达式，一般称之为**数学模型**。寻求某一运动的数学模型的过程，称之为建模过程。建模的一般原则是利用规律、定律及法则等，用合适的数学方式表达。如利用牛顿第二定律，来建立赛艇运动的动力学模型，就是一种较常见的**建模方法**。

4. 龙舟赛艇系统的评价与小结

（1）评价

赛艇系统，被人们关注的是比赛结果，即如何快速先达终点。

影响赛艇速度的因素有三：

1）划的力量大。

2）前进的方向性好。

3）总体质量尽可能小。

赛艇比赛要取胜，其决定性的作用是依靠团队精神和团队技术状态的发挥。

（2）小结

赛艇系统，作为一个整体，它的功能和目的是比赛与取胜。作为系统，它具有整体性、目的性、各子系统的相关性和对工作环境的适应性等特性。

赛艇系统是用于赛艇与赛艇间的比赛。这一点不同于洗衣机系统。

如果各赛艇的艇体子系统、运动子系统都一样，那么，各赛艇间的差别全在于动力子系统，即运动员的团队品质。因此，运动员团队的选择、组成、训练至关重要。

在本案例中，大家一起做了一个尝试，即运用系统的思想和定性定量相结合的方法来分析处理问题，如艇上力的平衡、赛艇速度的获得、质量的权衡等。其中，有关力的平衡的概念与应用，使我们对牛顿第二定律的认识有所深化。

微信公众号：电子课本大全

讨论交流

1.赛艇的速度是怎样产生的？如果考虑阻力，实际的动力值将怎样考虑？怎样才能减少阻力？

2.在上面的分析中，只重点讨论了施加动力的大或小的作用。如果考虑提高划桨的频率，会带来什么作用？

3.如果突然出现一阵风吹到某赛艇上，你能结合牛顿第二定律的公式，做一些论述吗？（这个问题可留到课外思考、讨论）

4.将龙舟赛艇系统与波轮式全自动洗衣机系统相对比，试就系统内部各分系统的关联关系和系统与外界环境的关系，对赛艇系统做一些分析。

阅读材料

描述系统的方法

任何系统的特性，都包括定性、定量两个方面。其中，定量特性是定性特性的显化。定量特性的描述，可以利用数学方法，如数学模型的方法。选择适当的系统量，通过建立反映这些量的特征、相互关系和变化规律的数学表达式，即用数学模型来刻画真实系统。这种方法，既可获得系统定量特性的精确结果，又可深入认识系统的定性特性。

数学模型的形式有多种。

用平衡方程式作为系统模型，是一种常见的形式，如力平衡方程、电压平衡方程、热平衡方程、流量平衡方程等。

例如，前面的龙舟赛艇系统，采用的就是力平衡方程式(3—1)

$$ma-F=0$$

作为系统动力学特性的描述。这是一种较为简单的数学模型。其中，系统变量为 a、F_1、F_2；运动遵循的是牛顿力学定律。它较准确地描述了赛艇系统运动加速度与各外力之间的定量关系。

建立数学模型的方法有多种。上面的例子，属于已知系统的工作机理，故可依据原理、定律来描述其运动规律。这样建立数学模型的方法，通常称为机理建模。

微信公众号：电子课本大全

问题思考

通过上面这篇阅读材料，你对于系统特性的描述有何联想？

查找相关资料，利用某守恒原理或平衡法则，对身边的某系统进行描述。

讨论交流

用波轮式全自动洗衣机系统或其他系统，具体说明系统的基本特性。

三、系统的基本特性

通过以上的分析和讨论，可将系统的基本特性归纳为：

1.整体性

系统的整体性也称为集合性，是系统的最基本属性。系统是一个整体，即具有整体的特性功能、目标和作用的有机整体。系统不是各元素的简单集合，也不是简单的数量相加。

系统要求它的局部服从整体，强调整体观点、整体目标和整体效益。

2.相关性

系统的相关性也称为关联性。构成系统的各元素之间，是相互联系、相互作用、相互依赖、相互影响的关系，是彼此相关的。

3.目的性

系统的目的性，也称为功能性。每个系统都具有特殊的功能。这是区别不同系统的主要标志。

4.环境适应性

系统都存在于一定的环境之中，并不断地与外界环境进行物质的、能量的和信息的交换。系统必须适应外部环境的变化。

技术实习

试分析钟系统基本特性



分析对象

闹钟，或座钟，或挂钟。

分析内容

怎样体现其基本特性。

分析方法

1.先了解钟的构成、功能及其运行情况。

2.参照波轮式全自动洗衣机系统案例进行分析。

实习要求

1.分小组做，全班交流。

2.讨论交流后，写出简单的分析报告。

3.分析报告的内容包括分析过程、依据、结论、建议及相应的说明。

微信公众号：电子课本大全

四、系统分析的基本方法

1.系统的思想

什么是系统的思想?

作为系统，它们都具有整体性、相关性、目的性和环境适应性。系统的这些基本特性，就构成了**系统的基本思想。**

在前面案例中，体现了运用系统的思想来分析处理问题。

2.系统分析的基本方法

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。**

通过前面两个案例的系统分析过程，可以归纳出该方法包括以下三个阶段。

阐明问题：分析的对象（系统）、系统的整体功能、系统的组成。

分析研究：系统内部机理，如洗衣机采用波轮旋转激起水流；系统内部各子系统的关联、配合；系统与其外部环境的关系；基本的定量分析。

评价比较：系统性能、品质评价，系统运行效果评价，同类系统间比较，找出优劣。

在上述分析研究阶段中，涉及一些定量分析，特别是关于数学建模问题，有待在今后的学习研究中去深化。

3.学写简单的系统分析报告

我们在做过系统分析之后，就要通过写报告来达到总结收获、提高认识、以利今后发展的目的。同时，通过写报告，也可以培养和训练我们的科学思维与表达能力。

简单的系统分析报告的内容包括：系统的分析过程，如功能、构成、特性的定性、定量分析说明；依据，如系统的内部关系，系统与外部环境关系的挖掘；结论和建议，如评价与小结。报告的形式不拘一格。可参考本节两个案例的相关说明。



技术实习

对一所学校的基本特性分析

对象 任何一所学校。

1.分析对象可以是本校，也可以是外校；可以是中学，也可以是小学；可以是条件好的，也可以是条件差的。

2.以某个真实的学校作背景，不要求各方面都齐全。

微信公众号：电子课本大全

内容

1.调查收集该学校作为一个系统的基本情况。

2.将该学校作为一个教育系统进行分析。

3.评价，并写出简单分析报告。

要求

1.理清系统（学校）的组成与层次。

2.分析该校符合一般系统基本特性的情况；要实事求是，有就是有，没有就是没有，不要生搬硬套。

3.找出这所学校的特色。

第三节　系统的优化

作为一个系统，通常会有这样或那样的问题，如效益不佳，或是投入的人力、物力、财力不是最小，或是某种性能不理想，等等。因此，系统需要改善，改善就是优化。那么，什么是系统优化？影响系统优化的因素有哪些？怎样才能做到系统优化？

一、建造隔音墙改善小区环境系统——系统优化的意义

1.问题——小区附近车道噪音污染严重

经查有关资料得知，车道(特别是高速车道)上的车流所发出的噪音，可高达80 dB以上。它直接影响附近小区的环境系统，如严重影响小区内学校师生的上课，甚至给他们的健康造成伤害。因此，消除或有效减轻噪音污染，成为优化小区环境系统的重要课题。

2.选择合适的优化方法——建隔音墙

消除或有效减小车流噪音污染有多种方法，如降低车体本身的噪音，让车流在此路段减速以降低噪音，让车道远离学校等，这些方法或不实际或难以实施。因此，在车道靠学校或其他重要建筑的一侧修建隔音墙，是一种有效又可行的合适方法。小区环境系统的隔音墙，如图3-13所示。

3.建隔音墙的技术要点

噪音是通过其声波形式向四周传播的。利用隔音墙，可以将噪音反

微信公众号：电子课本大全

射至上空，以保护附近人群。因此，隔音墙的作用本质是改变噪音的传播途径，以达到改善小区环境的目的。那么，隔音墙需要建多高、多长？采用什么样的几何形状？使用什么材料？这些都是要经过定量计算与分析后方可确定的工程技术问题，一般要考虑以下技术要点：



图 3–13 隔音墙

(1) 确认小区被噪音污染的程度。

(2) 建立隔音墙防噪音方案及墙体参数，做出定量计算。

(3) 从系统优化角度考虑，要做到投入最小和效果最好。

(4) 做必要的验证试验，如计算机仿真等。

对于我们来说，当前要重点考虑的是其中的（1）和（2）两点。

4.实施优化

对于隔音墙的实施，须满足以下要求：

(1) 墙体结构与材料，这与上面的定量计算相关。

(2) 美观，形成一道特殊的风景线。

(3) 效果，可实测建隔音墙前后的噪音影响大小。

结合建造隔音墙，我们应该怎样考虑上述的技术要点？怎样实施系统的优化？

讨论交流

隔音墙技术措施与隔音效果分析尝试

目的

通过讨论交流，理解修建隔音墙的技术要点和系统优化的意义。

方式

1.围绕修建隔音墙的技术问题，各小组分头进行试分析。可以参考下面效果分析的参考问题。

2.全班讨论交流。归纳大家的共同认识，梳理不同的意见。

效果分析的参考问题

1.隔音墙的高度、长度以多少为好？

提示：假定车流附近有学校或其他建筑，它们的建筑规模与受到附近车流噪音污染的情况数据可以通过实地调查获得。

微信公众号：电子课本大全

2.隔音墙的墙体结构及外形怎样考虑？

提示：这里所说的结构外形是指：墙体铅垂直立或略向内侧（车流一侧的简称）倾斜；墙的上部形状与墙体平面一样或略向内侧适度弯曲；墙体内侧表面做了吸收声音处理与否。

3.隔音墙体的主材料用什么为好？

提示：在坚固、美观、经济（造价、维修）等因素间权衡决策。权衡，就有比较。可拿出采用不同材料的方案，列表比较说明。

4.建造隔音墙的投入与改善车流噪音污染的总效果应如何评价？对系统优化得到哪些启示？



试一试

改善学校周边环境

1.周边环境的情景特征

学校周围很荒凉、风沙大；学校附近有车道，噪音污染较严重；学校地处郊区，文化环境不理想；校园面积小，开展活动不方便。

注：对一所学校来说，只考虑上述特征的一项。所谓情景特征，就是学校系统存在的问题，也就是学校系统需要优化的问题。其实，找出问题就是系统优化的第一步。

2.可利用的条件

有限的财力与物力。

广大师生都拥有改善环境的良好愿望和行动积极性。

社会关注学校进步。

3.改善环境的方法

植树、建园林；建隔音墙；强化校内文化氛围；分部作息。

做法：

分析学校系统，找出在学校周边环境方面存在的若干问题，并从其中筛选出一个最主要的问题。

找出解决问题的可利用条件；提出改善的设想和具体方法。

要求：

做调查研究，不凭空想象；分析，不只看现象；设想与方法，要尽量可行、易操作。

微信公众号：电子课本大全

问题思考

改善环境的启示

1.你认为“试一试”中所提的改善环境方法的可行性如何？你能结合学校情景特征，针对其中一种方法，拟定出具体操作要点吗？比如，植树：在什么地方种？种多大面积？种什么树？树苗从哪儿来？什么时候种？怎么种？怎样保证高成活率？解答这些问题的根据是什么？

2.改善学校周边环境的活动，给了你哪些启示？

5.系统优化的意义

修建隔音墙，以较小的投入，获得了好的治理噪音污染的效益，使社会环境大系统的整体得以优化。

系统被改善了，就是系统优化了。获取系统的最佳效益或最佳功能，就是系统优化的意义。

技术试验

课程表编排优化试验

内容与要求

试验对象：高一年级课程表。

试验目的：体验如何让课程表发挥最佳效能。

试验前的准备：

收集高一年级各个班的同时期的周课程表（复制样本）。

向有关方面调查与课程表有关的情况，如有多少门课、课时、任课教师、教室（专用、公共）等。

向有关教师请教课程表编排方面的经验。

试验过程与做法

分析、讨论：现有课程表体系（系统）存在哪些问题？影响这些问题可能的主客观因素是什么？

统一认识：制定课程表体系应该遵循的若干编制准则。

试编排：将全班分成3个小组，每个小组自主编排，并各自拿出一个试验样本。

微信公众号：电子课本大全

交流、评价

1.各组报告自己的试验样本。报告要观点明确，尽量讲清楚论点的根据和需要支持的条件。

2.全班讨论、评价。针对 3 个试验样本、结合编制准则，各抒己见，可突发奇想（对个人意见不一定要求齐全、周到，重在有新见解）；归纳出各个试验样本的优缺点，特别要指明各试验样本需要改进之处。

几点说明

课程表系统，是实施学校教学计划的枢纽环节。它具有明确的调度功能，涉及多位老师、其他班级同学，还涉及实验室、公共教室，甚至涉及教学效果（如将不同性质课程，安排在不同时间会有不同效果）。涉及的方方面面，相互依赖、相互作用、相互影响，组合成为一个整体。

评价时，要注重多角度和实事求是地考虑问题。确有改进，就承认优化；即使没有做到改进，做了改进的尝试也好。

经过交流、评价后，各组的试验样本，要不要合成一个总的试验样本，各班视具体情形自定。

特别强调，这项试验仅是一次教学活动。提出的方案，可供学校以后编排课表时参考，但不要把它看成是给学校提意见。因课表编制牵扯全校各项活动，安排不宜轻易变动。系统优化方案完成后，可请学校制定课表的老师座谈，请他们评价我们的试验方案，还要倾听老师对方案中有哪些问题考虑不周的评述。

问题思考

在上面的技术试验中，大家有了哪些创新想法？有可能解决哪些问题？

二、 假如你是村长：怎样为本村筑好一条致富路——影响系统优化的因素

1.系统优化的一般性步骤

(1) 需要进行优化的问题

某村，人力兴旺，资源充足，但不富裕。经分析发现：由于交通闭

微信公众号：电子课本大全

塞，本地区的资源优势不能输出利用，外地的新技术、新物流也难以输入本村，严重影响了本村脱贫致富。因此，交通闭塞，就是本村系统需要进行优化的问题。

(2) 选择合适的优化方法 —— 优化的方略与筹谋

对于交通闭塞的地区和乡村来说，适用于一句话：若要富，先修路。因此，决策修路，以改善本村与外界的交通联系，这是正确的优化方略和优化方法。

具体的修路方案如何确定呢？一般需要分两步进行。首先，根据本地区的地理情况，拟定几条修路的路线。然后，权衡当前的需求与将来发展的因素，结合筹集到的人力、物力与财力情况，制定出具体的修路方案。

为保证方案切实可行，须做好以下几方面工作。

勘测　调查本村附近已有公路的方位与距离，预测筑路可能遇到的山、水路障，收集资料和数据。

预算　根据勘测选定的筑路路线、路长，预算出修筑路基、路面、穿山开洞、修建桥梁等工程需要的：①土方量、石方量；②筑路器材种类与数量；③人力数量；④经费数。

选择合适的筑路方法和计划　筑路的方法很多，如从这一端开始，向另一端推进；或分段同时推进，再对接；或边开通隧道、建桥梁，边修路。不同的方法和计划，需同时投入的人力多少是不一样的，效率也不一样。采用什么方法和计划好，要根据本村人力、物力、财力可能到位情况综合考虑后确定。

阅读材料

必要的定量计算

以经费预算为例，它包括：① 购买器材、设备费用，记为 x_1；② 外请工程设计与施工技术人员费用，记为 x_2；③ 民工费用，记为 x_3；④ 机动调动费用，记为 x_4。

经费使用，必须符合下列准则和条件

$$J=\{\sum(x_1,x_2,x_3,x_4)\}\rightarrow\min \tag{3-4}$$

$$\sum(x_1,x_2,x_3,x_4)\leqslant y \tag{3-5}$$

式中，y 为经多方筹措所集到的筑路资金总额；x_1、x_2、x_3、x_4 和 y，

微信公众号：电子课本大全

统称为变量；$\sum$表示求和；J表示优化指标。公式(3—4)为本优化问题性能指标之一，表示各项经费之和趋于某一个最小值；公式(3—5)为本优化问题的约束条件。

同样，从修路工期考虑，也可以根据筑路方法和计划，进行类似的定量计算。

从修路后所带来的经济效益考虑，可以根据本村产品与资源输出以及资金、技术、物流输入所收到的经济效益，进行定量估算。

综合修路过程，如能以最小的投入获取最大经济效益，使该村系统在经济上达到最优，修路就是最优化决策之一。

问题思考

定量计算在系统设计与优化中有何重要性？

(3) 验证与实施

条件校验　逐项校验修路工程所需要的人力、物力、财力是否具备。仍以工程需用经费为例，通过合理分配经费、节约资源，促使优化指标和约束条件得以满足。

实施与调整　实施计划的过程，应该是优化的过程。然而，由于某些不确定性因素的出现，如天气情况多变影响施工、某地段自然条件不好需加大投入或改道等，需调整计划与施工，再进入优化进程。可见，优化不是一次性的活动。

2.影响系统优化的因素

影响系统优化的因素是多方面的。

首先，优化追求的目标要适度。目标选得低，达不到优化。目标定得太高，脱离实际，实现不了，等于没优化。如修筑致富路，路的级别不能定得太高。

其次，实施系统优化，总要有付出，或称投入。希望取得的效果（如经济效益）达到最大，而投入（如经费）最小。二者之比，称为**效／耗**（即效益／耗费）**比**。显然，效／耗比越大，就越接近或达到最优化。以修路实例而言，如其效／耗比趋于最大，那么，修路就达到最优化。对此，在不同场合有不同提法，如**性／耗**（即性能／耗费）**比**、**性／价**（即性能／价格）**比**等。

微信公众号：电子课本大全

再次，系统优化是离不开条件的。比如，修筑致富路，实测中必须要勘测、调查，准备数据资料，使修出的路符合技术规范；要预算、校验，是为了准备修路所需的人力、物力、财力等资源条件，条件欠缺的，要再创造条件。条件是否具备直接影响优化。

最后，还应注意的是，某些不确定性的或不可预见的因素也会影响系统优化。因此，在优化实施过程中，要及时调整计划与方法，回到优化之路。



技术实习

教室供电线路改进

背景特征：这是多年前建造的教室。现在，该教室内的用电设施有三个部分，即室内照明用的有3组、6个日光灯；照亮黑板用的有1组、2个射灯；教学备用（幻灯、投影仪、教学实验设备）的电源插座（从照明灯座上引出）1个。这些用电设施，全通过墙上的一个供电开关操作，或全供电，或全不供电。

实习目的：改进供电线路的方案，达到用电灵活、方便和节电的目的。

做法与要求：

1.根据“背景特征”所提供的材料，找出原供电线路需要改进的问题。

2.提出改进方案，画出改进后的供电线路原理图，给出相应的技术说明。

3.讨论改进方案，看它是如何达到了改进、优化的目的。

4.按照改进方案，作出简要预算，包括：需要新增配的电气元器件和器材的种类、规格、数量，需要的经费等。

5.假定你提出的改进方案被通过，那么，请你给出如何具体实施的方法和步骤。

6.对改进、优化所做的工作和效果，进行总结和评价。

3.最优化方法

为了使系统达到最优化的目标所提出的各种解决方法，称为**最优化方法**。

最优化方法是系统学中的一个重要方法。它通常是指在一定人力、物力和财力资源的条件下，使取得的效果（如生产产值、利润、效益等）达到最大，而投入（如能源、资金、人力、时间等）达到最小的一种方法。

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

最优化原则和步骤

最优化原则

1.要用定性和定量分析相结合的方法使系统最优化。这就是说，不仅要对系统进行科学的定性分析和决策，还要对系统进行准确的定量计算分析，并且将二者结合起来交替进行，使系统最优化。例如，在修筑致富路实例中，预算、校验都需要进行定量计算和分析。

2.坚持系统整体的最优化。这就是说，在处理优化过程中，在做优化决策时，要运用好权衡的理念，权衡得与失，权衡当前与长远，权衡局部与整体。如舍卒保车、弃车保帅，正是为了保证对弈的最终胜利。又如，在筑路工程中，通过增加少量的经费或多投入一些人工，从而获得修路的质量较大地提高或少占耕地。这样做，可以保证“致富”这个“整体”。

3.不间断地寻求系统最优化。系统的发展具有阶段性，系统的最优化是相对的。例如，由于受当前的需求和资源条件的约束，修出一条等级不太高的公路，就已经算是最优化了；待到真正富裕了，原来修的路不再能满足需求时，那么，我们在更高的目标和具备更好的资源条件下，修筑更多更好的路，以实现更高层次的最优化。新的系统不断替代旧系统，新的最优化不断出现。因此，在最优化的同时，要遵循系统的动态观点，推动系统不断进步。

最优化的一般步骤

1.提出需要最优化的问题，收集有关资料和数据。

2.确定变量，建立定量计算方程（有关数学模型）和有关约束条件。

3.选择合适的最优化方法。

4.解方程，校验解的最优性。

5.实施。

问题思考

权衡与决策

权衡是理念。掌握和运用好权衡，是正确决策的重要保证。

1.回顾前面，有多处提及权衡与决策，你注意到了没有？

2.对于权衡与决策，你有什么体验和感悟？举出实例，升华一下认识。

微信公众号：电子课本大全

4.关于定量计算

前面的两个实例（改善噪音污染与本村系统优化）表明：最优化少不了定量计算。同样，在龙舟赛艇系统中，赛艇必经过最优化设计，包括艇体体形、材料、承重限额等方面，必经过定量分析，经过校验（如仿真和试验）。

第四节 简单系统设计的基本方法

一、简单的系统设计案例分析

教室作为一个简单系统，它由室体、课桌凳、保温等子系统构成，主要功能是提供教与学的活动场所。这里，有一间农村简易教室的设计示意图，如图 3–14、图 3–15 所示。

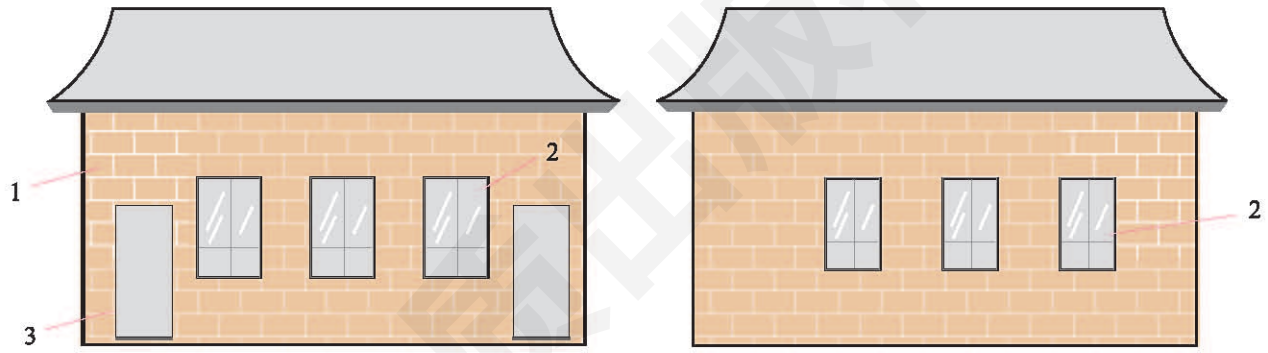
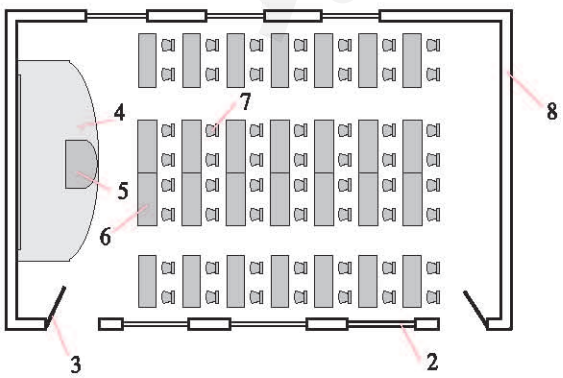


图 3–14 简易教室外形示意图



1、8. 墙体
2. 窗户
3. 门
4. 讲台
5. 讲桌
6. 课桌
7. 坐凳

图 3–15 简易教室平面示意图

作为教室，对其面积、采光、通风、保温、防火、疏散等方面，都应有明确的要求，都要体现在系统设计之中。为了探究简单系统设计的基本方法，在这里，仅以教室平面设计和教室保温设计为例进行分析，最后引出设计的基本方法和原则。

微信公众号：电子课本大全

1. 教室平面设计的分析

(1) 教室的面积怎样预估

教室面积，是教室系统设计中的一个重要内容。我们采用反推（演）法：假如让我们设计，教室面积的确定，应该经过哪些考虑？

面积预估的依据与过程：

按能到校的学生最大人数→估算课桌、凳需用数量→估算全部桌、凳占地面积，记为 x_1。

考虑课桌、凳组合，排与排之间应有适当小空隙→估算全部的排间空隙占地面积，记为 x_2。

行与行之间，要留有过道→估算过道占地面积，记为 x_3。

留给老师讲台、开门所占空地→估算这部分面积，记为 x_4。

计算教室应有的总面积，应为

$$x = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \tag{3-6}$$

设计时，图纸上的实际面积，记为 y，应该满足

$$y = kx,\ k > 1。 \tag{3-7}$$

(2) 面积怎样确定

校验：任何设计，都要经过校验。只有校验证明设计完全符合设计要求之后，才能确定设计方案，转入实施。

校验方法：面积设计的校验方法很多。下面介绍一种模型检验法。

1）采用与教室平面图相同的比例尺，分别对各排课桌、凳做出占地平面形状与大小相同的纸片模型，同样，做出过道占地、老师讲课与活动空间占地（包括放置讲台、讲桌）、开门占地等的平面纸片模型，并在各纸片模型上做出标记，各纸片模型样式，如图 3-16 所示。



图 3-16 纸片模型样式

2）将全部纸片模型，摆放在设计出来的教室平面图上一一就位。

3）研究模型摆放后的情况，找出存在的问题，提出改善方法，直至确定出合理的面积设计。

参考问题

（1）教室平面图的形状为什么采用长方形？

（2）怎样确定教室的平面面积？根据是什么？

（3）教室为什么选取这样一个朝向（坐北朝南）？

（4）为什么设计的窗户南面的宽、北面的窄？

（5）门为什么安装在教室的一头？

参考问题

（1）教室平面图的长与宽应怎样确定？根据是什么？

（2）系数 k 的取值大或小，各有何利弊？根据是什么？

（3）如果考虑学生实际人数可能超出了原先估计的最大人数这一因素，你认为应怎样改动设计图纸？改动过程应该如何进行？

问题思考

1. 你有什么好办法用来校验设计？

2. 在教室设计中，你有哪些创见？是怎样得出来的？

微信公众号：电子课本大全

2. 保温设计的分析

保温子系统，维系着教室的重要性能之一—— 保温。

尤其在冬季，在一间冰冷的教室里上课是十分艰辛的！

一间简易教室的保温如何设计？

阅读材料

散热与隔热

平房耗散热量的规律：

一所房舍，里面的热量耗散，主要是通过墙壁、屋顶、地板、窗户、门等途径。据有关资料介绍，普通平房各部分耗散热量所占的比例如图 3–17 所示。

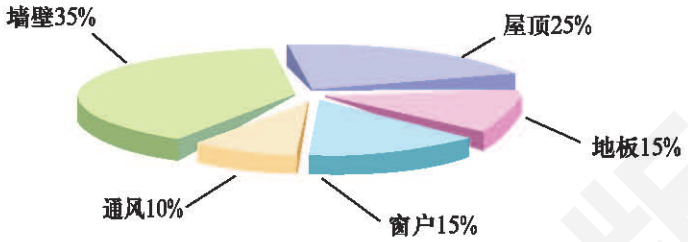


图 3–17 普通平房耗散热量情况示意图

保温和隔热的方法：

用保暖和隔绝热量（隔热）的方法，可以阻止热能耗散，降低加热取暖费用。

隔热的方法很多，包括使用隔热材料、双层玻璃窗户、利用太阳热取暖等。

首先，从图 3–15 中的平面图中可以看到：

墙壁——具有一定的厚度，图中用双线条表示。

窗户——北面的窗户小，防阴冷，南面的窗户宽，可多进阳光增温。此外，窗户安装双层玻璃，以免散热。

其次，房顶采用隔热措施，如铺设珍珠岩层等。

参考问题

（1）你注意观察过周围的房子是如何散热和隔热的？

（2）为什么绝大多数的房舍都建造成南—北朝向的？

参考问题

（1）还有什么好办法，可以起到保温和隔热能耗散作用？如果有，可在图中作出标记。

（2）除了保温之外，对于教室的其他性能，如采光、通风、安全等，你还有哪些设想？

保温子系统设计，要考虑不同地区的实情。

对于冬季不算太冷的地区，可将保温和室体两个子系统的设计一并考虑。如上面提到的：在设计室体时，同时采取隔热、保温设计。到了最冷的时期，可以增加临时性措施，如生火炉子等。这种设计，经费花销少。对于经济条件较差的地区来说，也是比较适用的。

对于冬季很冷的地区，除了要做上述的隔热、保温设计之外，要做相对室体独立的供热采暖子系统设计。例如，若经济条件允许，可设置暖气子系统；若经济条件差，可设置火墙系统。供热采暖的效果与室体隔热及保温性能的好坏、教室的面积及高度、供热采暖设施的热转换效率和室外气温等有关。

微信公众号：电子课本大全

二、简单系统设计的基本方法

上面已经做了简单系统（简易教室）设计的案例分析。在此基础上，先来讨论一些问题，然后大家一起总结简单系统设计的基本方法。

讨论交流

讨论问题

1.为什么要设计如此简易的一间单独小教室？

2.教室的平面面积设计，根据什么而定？

3.教室内要不要留有足够的过道和黑板前的空地？

4.在建造教室之前要不要考虑保温设计？

5.教室的其他设计，如通风、采光、安全等，你是怎样考虑的？

6.怎样理解教室具有系统的基本特性？

参考观点

○ 在贫困偏远地区，哪怕建一间简易的教室也不是件容易的事。

○ 观点之一：根据需要上学的人数确定。
观点之二：根据建教室能筹到的资金确定。

○ 观点之一：留不留空地，都行。
观点之二：不留空地，不行。

○ 观点之一：必须考虑。
观点之二：有余钱，再考虑。
观点之三：不必考虑，以后再增加设备取暖。

○ 观点之一：保温重要，少开窗，用日光灯采光。
观点之二：为了安全，前后各开一个门。

○ 基本具备了典型系统的基本特性。

技术实习

归纳、总结教室设计的基本方法

简单系统设计的基本方法应该包括哪些内容呢？

提示：

1.物质系统，千差万别。作为一个具体的系统，必有其特定的功能、内部规律和特性，以及所处的外部环境(条件)。通过对功能、特性、环境的分析，便可以得到该系统设计的基本方法。不论设计的基本方法具体包括哪些内容，都要遵循系统设计的基本原则。

2.做好归纳和总结，也是一种重要的能力。要充分发挥自信、自主、自立的精神，做好这个技术实习。

三、系统设计的基本原则

系统设计，很难有一成不变的模式可以到处套用。然而，在设计过程中，有一些基本问题需要考虑和处理，并且应该遵循某些原则——系统设计的基本原则。

下面，我们采用讨论问题的方式来总结系统设计的基本原则。

微信公众号：电子课本大全

讨论交流

讨论的问题	总结的原则
1.教室作为一个简单系统，它的基本功能是什么？ 2.作为系统设计，首先要设计的内容是什么？怎样通过这方面的设计保证系统基本功能的实现？	○ 以实现系统基本功能为首要原则。
3.教室里的桌、凳和教室里留下的空地（如过道、黑板前空地等）有什么关系？ 4.当课桌、凳的占地面积和预留的空地面积有矛盾时，应怎样解决为好？ 5.教室窗户的多少、大小，既关系到采光、通风，又影响保温，怎样设计为好？	○ 利用子系统间的关联关系，合理解决子系统的冲突，综合处理的原则。
6.在确保必需的教室面积的前提下，注重做好保温设计，这基于什么考虑？例如，为什么不压缩保温设计所需的资金，而把有限的资金投放到将教室设计得更大些上？ 7.在哪些环节上，可以考虑充分利用当地的人力和物力资源？	○ 追求效益的最大化及优化是系统设计追求的永恒目标的原则。
8.怎样考虑在夏季和冬季时，教室适应环境变化的设计？如窗户的设计，要考虑夏季防蚊、蝇；冬季除考虑保温外，同时也要满足通风需要。	○ 可实现动态调整的原则。
9.是否应在教室外，设计一块平地，并在合适的地方设立升国旗的旗杆？ 10.在教室的周围种上一些什么树？或是否设计一块绿地？	○ 人性化设计的原则。
11.由于筹措资金困难，教室应能使用较长时间。在设计墙体和房顶时应做哪些考虑？ 12.几年后学校规模要扩大，在教室选址问题上，要做哪些设计考虑？	○ 具备战略性的思考，即设计应有相对的稳定性和适应可持续发展性的原则。

技术试验

某小区（或村镇）环境系统设计分析

目 的

学习运用系统观念；对具体系统的设计基本原则试做分析。

内 容	要 求
○调查：一个城市中的小区，或农村中的小镇，或水土资源保护区环境系统。	○带回相关资料和一些基本数据，包括草图、文字说明。
○分析：该系统的基本功能以及该系统符合设计基本原则的情况。	○紧扣系统观念进行。
○评价：对该系统做出设计评价；提出改进、优化建议。	○既能结合当地实际情况，又能大胆设想。
○总结：试验的收获。	○主要是在系统设计方面的收获。

微信公众号：电子课本大全

第五节　你就是一位系统设计师
——学做简单系统的方案设计

一、命题：赛事系统方案设计

学校田径运动会赛事系统，简称赛事系统。它由管理子系统（包括指挥协调、检录、成绩统计）、比赛子系统（包括田赛、径赛、团体操表演）、服务子系统（包括裁判组、通信联络组、场地服务组）等组成。比赛的进程，与各军兵种配合作战相似，需要合理安排、统一步调。通过赛事系统方案设计，要求各子系统围绕着比赛项目的展开，一次又一次地协同工作，力图追求比赛进程的整体效益最大化。

二、设计与评价

1. 系统方案初步设计

设计任务：

赛事系统比赛方案初步设计。

设计要求：

（1）项目设置与比赛程序科学合理。如有的项目需设预赛、复赛和决赛，其间要留有合理的时间间隔。

（2）充分、合理利用场地与设施。同一场地上的比赛项目，其间隙要尽可能短。

（3）方案设计要充分考虑安全问题，杜绝出现安全事故。

（4）尽量不断地给观众安排好的看点，并逐步形成高潮。

设计进行方式：

将全班分为三个小组。以小组为单位，每组设计出一个方案；小组内集体讨论，分工合作。

系统方案初步设计完成后，进行全班交流评价。

2. 系统方案设计的论证分析

论证分析内容：

系统基本功能、辅助功能（可以没有），如何实现；系统构成，各组成部分的关联与矛盾关系，如何解决；系统效益最大化，性/耗比高，如何达到；系统可调整性，怎样实现。

分析要求：

分析要准确、清晰、简明，要给出示意图、草图和必要的文字说明。

注意点：

充分考虑设计的可行性、可操作性；充分认识设计的优缺点。

微信公众号：电子课本大全

3.系统方案技术设计

经过论证分析后，确定设计方案，包括系统的组成、项目展开的交叉、比赛程序的编排等。

画出相关图表。

写出技术设计报告。技术设计报告的写法，各组自行拟定。

4.方案设计的交流与评价

在班里，对各组的方案设计进行交流、评价。

请有经验的老师，对方案设计进行点评。

根据交流评价的意见和建议，完善原方案设计。

试一试

自选一个课题进行系统设计。

学习系统与设计的小结

在我们的学习和社会实践中，都会遇到需要运用系统的思想和方法，去分析和处理生产、学习和生活等方面的问题。学习和掌握系统的思想并运用系统的方法，有助于防止看问题的片面性，有利于减少处理和解决问题过程中的盲目性，有益于对事物的理性分析和科学决策。

在本章的最后，让我们沿着以下的流程，共同思考、讨论、评价，作为学习本主题的小结：

怎样理解和把握系统的思想、系统的方法、系统的优化、简单系统设计的基本原则？

↓

在系统优化设计实践中，有哪些创新或创新尝试？它是怎样实现的？

↓

如何评价我们所做的简单系统方案设计？其中，有成功，也有不足（或者失败），表现在哪里？原因是什么？

↓

学习系统与设计的主要收获有哪些？

微信公众号：电子课本大全



第四章 控制与设计

经济建设的宏观调控（控制）、人口增长率控制、物价控制、疫情控制、炼钢炉温与钢水成分控制、农作物生长的水肥控制、食品卫生控制、保护眼睛的灯光控制等，从社会到每个人，从生产到生活，方方面面都离不开控制。学习一些控制技术，对我们今后的工作、学习和适应现代生活，都是十分必要的。

第一节　什么是控制

一、控制实例展示

1.从蒸汽到蒸汽机车

1765年，瓦特在修理纽可门机的基础上，对蒸汽机做了重大改进，使蒸汽机成为工业上可用的发动机，推动了18世纪的工业革命。

蒸汽发动机不仅为机车提供了强大的动力，而且为机车的速度和加速度实施控制提供了条件。通过控制蒸汽的进给量，使气缸活塞以不同的速度与加速度做往复运动，再通过连杆机构，驱动车轮旋转，从而使机车获得不同速度与加速度的直线运动（图4–1）。



图4–1　蒸汽机车

这里所说的不同的速度与加速度，就是我们所要的控制效果。

2.从普通给水槽到自动饮水器

鸡舍内，使用普通给水槽，存在的问题很多，如水槽易被鸡群踩翻，不能保证水槽内总有足够的水量。现代大型鸡舍内，使用自动饮水器，如图4–2所示。

采用自动饮水器，可保持水槽（器）内总有足够量的清洁饮水。这里所说的足够量的水，即水面的高度，就是我们所要的控制效果。

微信公众号：电子课本大全

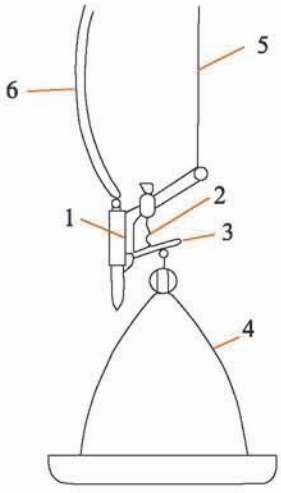


图 4–2 吊塔式鸡用自动饮水器

图 4–2 中，1 为阀门体，2 为弹簧，3 为控制杆，4 为饮水盘，5 为吊挂绳索，6 为自来水管。当饮水盘缺水时，重量减轻，弹簧便使控制杆向上运动，将出水阀门打开，水从阀门体下端沿饮水盘表面流入环形水槽；当水面达到一定高度后，饮水盘重量增加，加大了弹簧拉力，使控制杆向下运动，将出水阀门关闭，水停止流出。因此，水槽内水面可自动维持在某一高度上。

3. 从普通开／关灯到亮度可调灯

普通开／关灯的亮度是固定的，要想改变亮度只能更换灯泡，既不方便，效果也不理想。

亮度可调灯通过旋转灯座上的旋钮，改变加在灯泡上的电压，流过灯泡的电流随之改变，从而使灯泡发出的亮度可调，既方便，效果又理想（图 4–3）。

灯的亮度可调，就是所需要的控制效果。

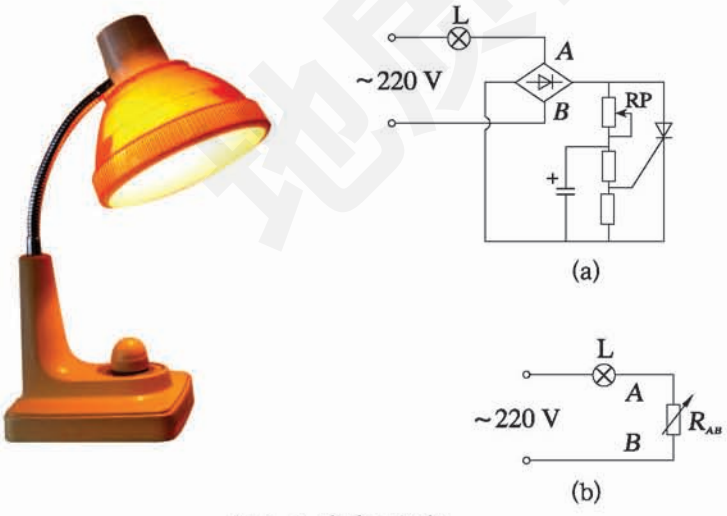


图 4–3 亮度可调灯

图 4–3(a) 的电路，可视为图 4–3(b) 所示的简单电路。当调整电位器 RP 时，R_{AB} 的阻值将会改变。这样，若电阻 R_{AB} 的阻值变小时，加在电阻 R_{AB} 上的电压随之变低，而加在灯泡 L 上的电压变高，灯泡 L 就变亮；否则变暗。

讨论交流

收集我们周围使用控制技术的实例，并试着分析它们的控制效果。

微信公众号：电子课本大全

二、控制及其应用

1.控制

事物的发展有多种可能性。比如，农作物的生长会随着它的生长环境的变化而变化，好年景可能丰收，灾害年可能颗粒无收。人们期盼着丰收，就得通过科学种田，如控制墒情、控制虫害等来达到自己的目的。又如，要迎击来犯的敌机，就得通过精确制导技术，使我方导弹准确命中敌机，达到让敌机有来无回之目的。

人们根据自己的目的，通过一定的手段，使事物沿着某一确定的方向发展，就形成了控制。这里所说的手段就是控制技术。现代控制技术通常是指自动控制技术。自动控制是科学和技术的一个重要分支。自动控制系统能在无人直接参与的情形下运行，并承担人的某些职能。

2.控制在生产和生活中的应用

控制技术的应用，有早期（18世纪）的风车方向控制、瓦特的蒸汽发动机控制；到20世纪，有化工温度控制、自动化车床等。控制技术在近代得到了迅速发展，几乎在各个领域，控制技术都得到了广泛的应用。

三峡截流，滔滔的长江水被调控用作水力发电；长征号火箭把各种卫星准确送入太空轨道；神舟号飞船遨游太空，准确返回地面；精确制导（控制）导弹，准确拦截目标。在这些高技术成果中，控制技术起着重要甚至是核心的作用（图4–4、图4–5）。



图4–4 飞船－火箭系统正被运往发射塔架



图4–5 三峡大坝

在生产过程中，对压力、温度、湿度、黏性和流量的控制，屡见不鲜；在机器制造业和其他许多部门，如机器零件加工、处理和装配中，也都广泛采用了控制技术。

农业生产中也广泛采用着控制技术，如大棚温室中的温度、湿度和光照控制等。

微信公众号：电子课本大全

随着建设小康社会目标的实施，我国人民生活得到极大改善。电冰箱、洗衣机、空调机等现代化生活用品走进了我们的生活。这些生活用品，无不采用了先进的控制技术。

控制技术的广泛应用，提高了产品质量，降低了生产成本，增长了劳动生产率，使人们从繁重或危险的体力劳动和重复的手工操作中解放出来。因此，控制技术的地位和作用日益突出。

调查研究

收集我们周围使用控制技术的实例，研究它们为什么要实施控制？观察我们的周围，有哪些需要实施控制的问题？

第二节　控制系统的基本组成与工作过程

一、典型控制系统案例分析（一）

我们先来分析两个典型控制案例，旨在了解控制系统是怎样构成的，以及它们是怎样实现控制的。

【案例 4-1】自动门

自动门，实际上是指自动门控制系统。它的工作过程是：当门口没有人时，门是关着的（图 4-6）；当有人来到门口时，门打开（图 4-7）；当人离开门口后一段时间，门又关闭。整个过程中，门的开或关，完全是自动完成的。

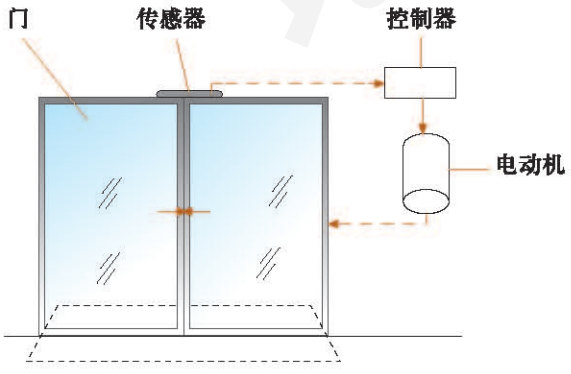


图 4-6　自动门的常关状态

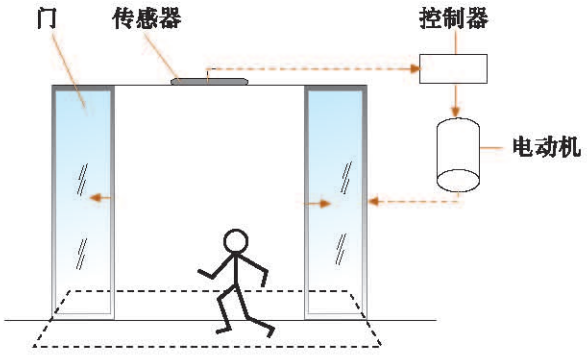


图 4-7　自动门的开状态

功能

（1）无人时，常关。

（2）有人时，开门。

微信公众号：电子课本大全

这种自动门，可设置具体的技术要求，如：

（1）当人距门 1 m（也可设为其他值）时，门即打开。

（2）门打开后，延时 10 s（也可设为其他值）后关门。

门是怎样实现自动开、关的呢？我们来看一看自动门的系统组成和工作过程。

系统组成

①门；②电动机；③控制器；④传感器。

工作过程

（1）当有人到达门前某一距离（如 1 m）时，**传感器**感知，并发出“有人”的信号。

（2）**控制器**接到传感器传来的信号后，经变换放大后传给电动机（这里的电动机叫做**执行器**，也称为**驱动器**）。

（3）电动机根据传来的开门信号转动，门被打开（这里的门叫做**被控对象**，也称为**控制对象**，简称**对象**）。

（4）控制器保持开门信号延时（如 10 s）后，自动发出关门信号，电动机反转，门重新关闭。

系统框图

上述的系统组成与工作过程，可以用图 4-8 表示。

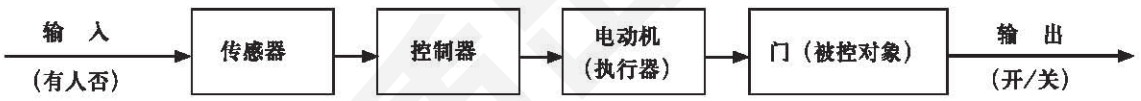


图 4-8 自动门控制系统框图

图 4-8 中，从左往右看：当门口有人时，即有输入，传感器感知并形成信号。信号先后经过控制器、电动机的变换与传递，直到把门打开，叫做有输出（门动作，打开）。没有人，则无输入，不发生信号传递，当然没有输出（门无动作，常关）。

由此可见，对于系统的功能、组成和工作过程以及信号在系统中的传递关系，框图给出了准确的描述。框图是一种重要的技术语言，后面还要运用。

阅读材料

在这里，有人，就是有了一种信号。它作用于传感器，便是通过传感器给系统以输入。这种输入信号、输入作用，我们简称为输入。系统在输入的作用下，被控对象（这里指自动门）对输入产生相应的响应。如有人时，门就被打开。门打开，就是输出信号、输出作用，简称输出。这里的输入与输出，实际上指的是状态，如有（无）人、门开（关）。

微信公众号：电子课本大全

问题思考

当有人一直站在门口时，自动门会怎样动作？为什么？

讨论交流

1.安全意识在案例 4-1 的“技术要求”中是如何得到体现的？
2.传感器的安装与“技术要求”中的什么要求有关？
3.门的重量不同，对系统的哪个部分有不同的要求？为什么？
提示：要与性／价比意识相联系。

【案例 4-2】水箱水位控制

再来看水箱的水位控制。当水箱内的水没有达到设定的水位（水箱内的“△”所示）时，水箱的水龙头打开，向水箱内放水；当水面达到设定位置，水龙头关闭。它有两种控制方式：一为人工控制（图 4-9）；一为自动控制（图 4-10）。下面分别分析、研究这两种控制。

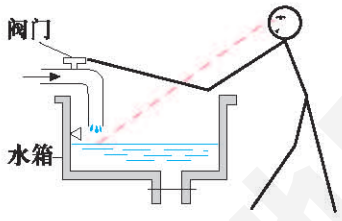


图 4-9　水箱水位人工控制系统示意图

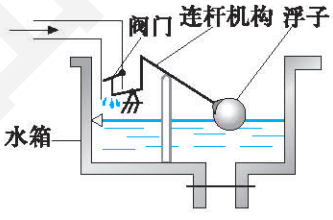


图 4-10　水箱水位自动控制系统示意图

问题思考

水箱水位控制系统中，传感器、控制器、执行器和被控对象各对应什么装置？

功能

当水面（位）达到设定的水位（高度）时，关闭进水阀门。实现这种功能可有两种控制方式，即人工控制与自动控制，如图 4-9 和图 4-10 所示。

微信公众号：电子课本大全

系统组成

（1）人工控制：水箱（包括水箱内的水）；进水阀门。

（2）自动控制：水箱（包括水箱内的水）；阀门；连杆机构；浮子（俗称水漂）。

工作过程

（1）人工控制

当水面低于设定水位时，人打开阀门放水入水箱，人眼监视水面高度；当水面达到设定的水位时，人关闭阀门。

（2）自动控制

当水面低于设定水位时，浮子下落，阀门打开，进水；浮子“监测”水面高度，并随着水面升高而浮升。

当水面达到设定的水位时，浮子传感，通过连杆机构，将阀门关闭。

两种控制的对比如表4-1所示。其中，自动控制中的浮子和连杆机构的作用，相当于人工控制中的人眼、人脑和人手的作用。

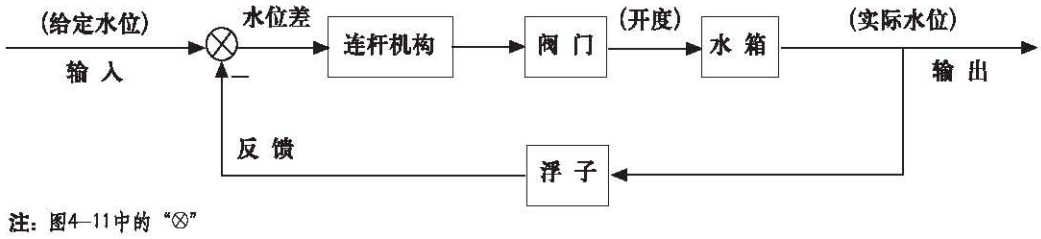
表 4-1 两种控制方式对比

环节 / 方式	传感器	控制器	执行器	对 象
人 工	人 眼	人脑与手	阀 门	水 箱
自 动	浮 子	连杆机构	阀 门	水 箱

在现实的生产或生活中，像水箱水位控制那样的案例，即人工控制可以用自动控制来代替，不是比比皆是吗？

系统框图

水箱水位控制系统的系统框图，如图 4-11 所示。



注：图4-11中的“⊗”称为比较环节。

图 4-11 水箱水位自动控制系统框图

图4-11所示的系统框图中，当水位差（给定水位与实际水位之差）不为零时，此信号经连杆机构使阀门打开，放水入水箱；同时，浮子将实际水位的信号反传给比较环节，从而形成新的水位差信号。当水位差为零时，阀门将关闭，不再进水，从而实现水箱水位的自动控制。

微信公众号：电子课本大全

水位的高低，可以用水面高度这样的量来计量，因此，对于系统的输入、输出就有了输入量、输出量的叫法。这里，实际水位为**被控量**，即**输出量**；阀门开度为**控制量**。

对两个案例的系统框图(图4-8与图4-11)进行比较就可以发现，案例4-1中，信息总是自输入端单向传至输出端，不存在信息逆向流动；而案例4-2则不然，除上述过程外，还要将输出信息反传给输入端（比较环节），存在信息逆向流动。这就是说，案例4-2比4-1多了一个信息传递过程与路径。

案例4-2中，信息流经一个闭合环路，这类系统称之为**闭环控制系统**。闭环控制系统中，将输出信息反传给比较环节的做法，称之为**反馈**。而案例4-1中，没有反馈，也就不存在闭环，这类系统称之为**开环控制系统**。

闭环控制系统与开环控制系统，是两类不同的系统。从构成形式上看，二者的不同表现为有反馈或无反馈。从本质上讲，二者的不同在于信息流的传递方式不同。因此，开环是按输入实现控制，而闭环是按偏差（如案例4-2中的水位差）实现控制。

问题思考

1.水位自动控制比水位人工控制好在哪里？从比较中我们可以得到什么启示？什么叫自动控制？

2.如果水箱水位自动控制系统中的浮子坏了，更换的浮子比原来的小，会出现什么后果？

3.我们在第一小节，收集到的“使用控制技术的实例”中，哪些是开环控制系统？哪些是闭环控制系统？

试一试

若要节约用水，减少水位自动控制水箱内水的容量，应该怎么办？将你的设想做一做。如果成功，试说明原理；如果失败，试找出原因。

二、控制系统的基本组成与工作过程

1.控制系统的基本组成

简单的控制系统由两部分组成，即**被控对象**和**控制装置**。其中的控制装置，包括传感器、控制器、执行器等环节，对于闭环系统来说，还包括反馈环节与比较环节。

2.开环与闭环控制系统的比较

开环控制系统的结构和原理比较简单，信息从输入端传到输出端，

微信公众号：电子课本大全

仅有一条路径。它的最大缺点是控制精度（精确度）不高。

闭环控制系统的结构较为复杂，信息流经的路径有两条，一条自输入端传至输出端，另一条是输出端信息反传到输入端的比较环节。它可以有较高控制精度和有较强的抗干扰性能(有关干扰内容在本章第四节学习)。

讨论交流

全班研讨开环与闭环控制系统的结构特点与工作过程。

技术试验

走直线：开环与闭环控制的简单体验

试验条件：选一块较宽阔的平地；布带一条；粉笔一支。

试验做法：

1.在平地中央，用粉笔画上一条标准直线，并分别命名直线的一端为起点，另一端为终点。起点与终点相距 10 步以上。

2.第一次，应试者自起点出发，沿直线走向终点。

3.第二次，在起点处用布带将同一个应试者的眼睛蒙好后，应试者凭自我感觉走向终点。记录下最终偏差。

4.换人，重复做步骤 2 与 3。

讨论：

1.试用控制系统的概念和语言，解释两次走直线试验的不同结果(精度)。

2.人的眼睛相当于什么环节？根据是什么？

3.怎样理解闭环控制系统的工作过程

对于闭环控制系统来说，输入信号和反馈环节传回来的反馈信号相比较，产生偏差信号→控制器根据偏差信号的大小和极性（正或负），产生控制作用，传给执行器→执行器将此信号放大、变换后，传到被控对象上→被控对象受执行器传来的信号(称为控制信号)的驱动，产生输出信号；同时，反馈环节又将感知到的被控对象的输出信号，经变换后产生反馈信号。因此，闭环控制是通过反馈，实现按偏差的控制。

上述工作过程，也是信息在闭环中的流动、变换的过程。

微信公众号：电子课本大全

技术试验

分析另一种水位控制系统的工作过程

分若干小组分析另一种水位自动控制系统(图 4—12)的工作过程。你怎样理解这个系统实现了水位自动控制?

提示:给定水位 H 为输入。

由于燃烧室加热,被加热的水一部分变为蒸汽后外溢,箱内的实际水位(输出)因自然下降而低于 H。控制的作用就是及时给箱内补水,以维持实际水位在 H 附近。这是一个闭环控制系统。

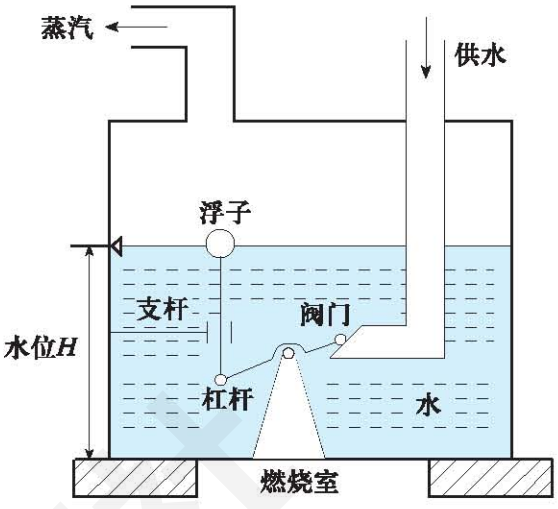


图 4—12 另一种水位自动控制系统

试一试

下列 3 题,可以选做:

1.查阅电冰箱的资料,试说明电冰箱温度控制的工作过程。

2.试说明自行车、汽车或拖拉机行驶方向控制的工作过程。

3.试说明手动调压系统(图 4—13)的工作过程。

提示:

E —— 电源;

$U_1(t)$ —— 参考输入;

$I_1(t)$ —— 控制量;

G —— 被控对象;

$U_2(t)$ —— 输出量(被控量)。

这是个开环控制系统。负载需要的 $U_2(t)$ 是通过设定合适的 $U_1(t)$ 获得的。

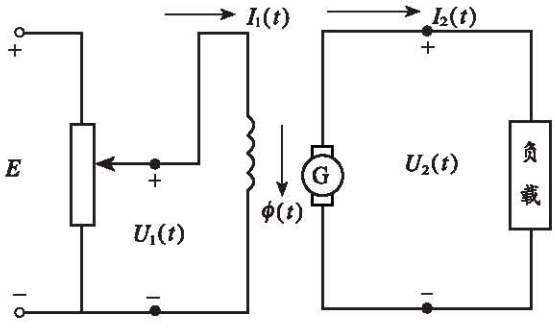


图 4—13 手动调压系统

微信公众号:电子课本大全

第三节　控制系统框图

一、控制系统框图的绘制方法

控制系统框图是描述控制系统的重要方法之一，也是学习控制与设计要掌握的一个重要内容。前面，已经出现 3 个控制系统的框图。怎样才能画好框图呢？现在，来研究绘制框图的方法与技巧。

1. 绘制框图的方法

（1）按下面的顺序确定系统各个环节：

a —— 被控对象；

b —— 执行器；

c —— 控制器；

d —— 反馈环节（对闭环系统而言，以下同）。

（2）确定被控量（输出量）、控制量、输入量、反馈量和偏差量。

（3）用带箭头的直线表示信息在系统中流动、传递的方向与过程。

（4）加上比较环节，闭环。

一般闭环控制系统的框图如图 4–14 所示。

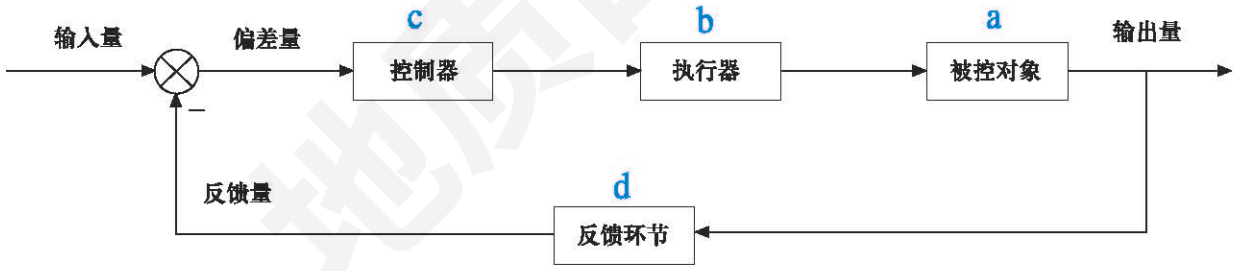


图 4–14　闭环控制系统框图

有时，将控制器与执行器一起总称为广义控制器。

2. 绘制的技巧

人们看框图时，一般习惯于自左往右看。但是，绘制框图时，不一定要采取自左往右画的方法，而采用上述四个步骤的“绘制框图的方法”。即自右往左画：先画 被控对象 ，再画 执行器 ，接着画 控制器 、反馈环节 ，最后画“⊗”，连线闭环，并标注各量。

这样做的好处在于：绘图的过程与系统组成的思路相吻合，便于理解，概念清晰。特别是对于初学者，通过这样绘制框图，有利于加深对控制系统的理解与把握。

微信公众号：电子课本大全

问题思考

1.如果你来绘制控制系统的框图，你也这样做吗？

2.结合前面的技术试验，即另一种水位自动控制系统，在下面的未完成的框图（图 4–15）中，做好所有该做的工作。

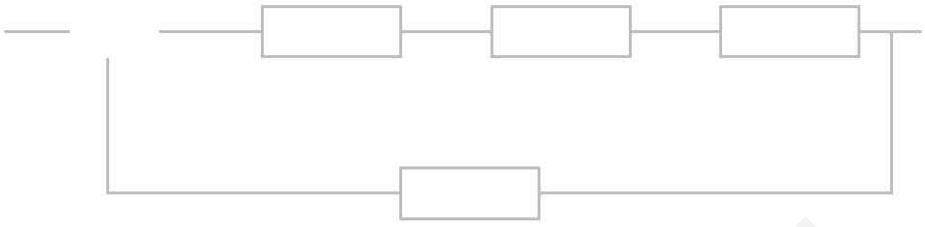


图 4–15 另一种水位自动控制系统未完成的框图

你来画一画，体验体验，说说你对绘制方法与技巧的看法。

二、控制系统框图中的通道与环节的作用

1.通道及其作用

框图中，信息流经的路径叫做**通道**。对于闭环控制系统来说，有两类基本通道，那就是**前向通道**和**反馈通道**。前向通道中，信息流自系统输入量，经比较环节、控制器、执行器，直至被控对象。反馈通道中，信息流采自被控环节的输出量，流经反馈环节，再反馈到系统的输入端（比较环节）。两条通道，构成**闭合回路**，即闭环，简称回路。

2.环节及其作用

传感器 也称敏感器。在案例 4–1 中，传感器的输入（即系统的输入）是“有人到门口”的非电信号。传感器将此信号转换为“有人”的电信号，并传送给下一个环节 —— 控制器。因此，传感器实质上是一个监测元件。在案例 4–2 中，浮子起着传感器的作用，它作为一个环节，时刻监测着“实际水位”（对系统来说，是输出量或被控量；而对浮子环节来说，是输入量），形成反馈信号，传送给系统输入端。

控制器 在开环系统中根据传感器直接传送过来的信号，而在闭环系统中根据比较环节传送过来的信号，产生控制器输出信号并传送给下一个环节。在案例 4–1 中，传感器传送出来的电压信号很弱，而执行器（即电动机）需要的激励输入却是较大的电流信号。因此，这里的控制器，不仅要产生控制作用（如开门与否）信号，而且还要起到信号的变换与放大作用。

微信公众号：电子课本大全

执行器 是控制器输出信号的执行机构，也称执行元件。电动机，就是常用的执行器之一。它根据控制器的输出信号产生旋转运动，从而驱动控制对象（如案例 4–1 中的门）作相应运动。从这个意义上说，执行器还称为驱动器。

需要特别注意的是比较环节，它根据输入量与反馈量的大小与极性，产生偏差，再传给控制器。



技术实习

根据案例 4–1 与 4–2 填写下表。

表 4–2 开环与闭环系统实例比较

系　统	基本环节的一般性名称	具有的控制通道
开　环		
闭　环		



试一试

控制系统框图的绘制与解释

1. 试验田灌溉过程流量控制。

提示：依据土壤的湿度。

2. 热水器出水温度控制。

第四节　控制系统的干扰

控制系统的问题很复杂。现在，再来分析另两个典型控制案例，以便把对控制系统的认识引向深入，并且了解控制系统的又一个重要问题——干扰。

一、典型控制系统案例分析（二）

【案例 4–3】人体温度控制系统分析

功能

维持人体体温在正常范围内，如37 ℃左右(这类控制叫做恒值控制)。

系统组成

人体(包括皮肤)；有关的系统 ；大脑中枢（图 4–16)。

微信公众号：电子课本大全

工作过程

（1）皮肤（相当于传感器）感知环境温度，并将此信息通过神经系统传给大脑中枢。

（2）大脑中枢经判断，给人体（被控对象）的有关的系统（如心血管系统等）发出工作指令（如多或少输送热量）。

（3）有关的系统（执行器）根据指令，加速供给热量或相反，紧闭汗毛孔或出汗。

（4）反复上述过程，人体体温得以维持在一个正常的范围内。

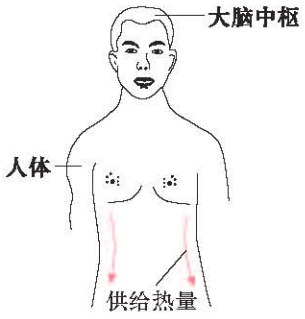


图 4–16 人体温度控制系统示意图

干扰

很显然，外界环境温度的变化对人体体温控制系统的运行，会带来影响。这种环境温度的变化叫做**干扰因素**，这类影响叫做**干扰作用**。环境温度的变化是人体温度及控制系统的一种主要干扰因素。

夏季酷热、冬季严寒。然而，人体的正常体温总保持在 37 ℃左右。为什么能做到这样呢？原来人体拥有一个高级的体温控制（调节）系统。

人体温度控制系统的系统框图如图 4–17 所示。

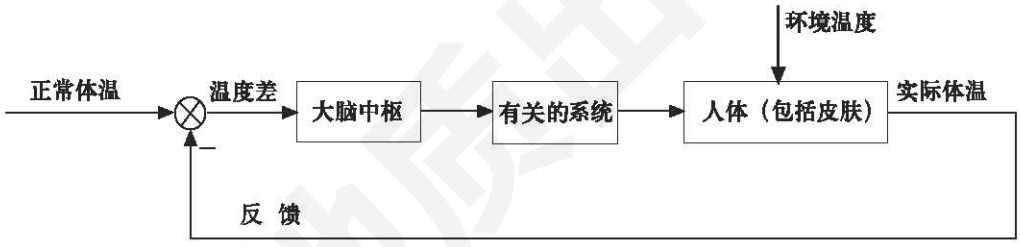


图 4–17 人体温度控制系统框图

与前面学过的控制系统不同的是，人体温度控制系统中的皮肤有着双重作用。它既是被控对象（人体）的一个部分（参与了循环系统的体温调节作用，如排汗等）；又是传感器（感知环境温度变化，并将此信号反传给大脑中枢，还起到反馈作用）。另外，还要注意到，图 4–17 中的“比较环节”和“正常体温”实际上都包含在大脑中枢之中。

【案例 4–4】飞机起飞时俯仰姿态（角）控制系统初探

观察与思考：你注意过飞机在蓝天是怎样飞翔的吗？你了解飞机在机场上是怎样起飞升空的吗？

其实，它们都在昂首飞行，只是昂首的程度是随着时间和飞行要

微信公众号：电子课本大全

求的不同而有所不同罢了。图 4–18 表示飞机起飞过程中持有的飞行姿态。



图 4–18 飞机起飞姿态

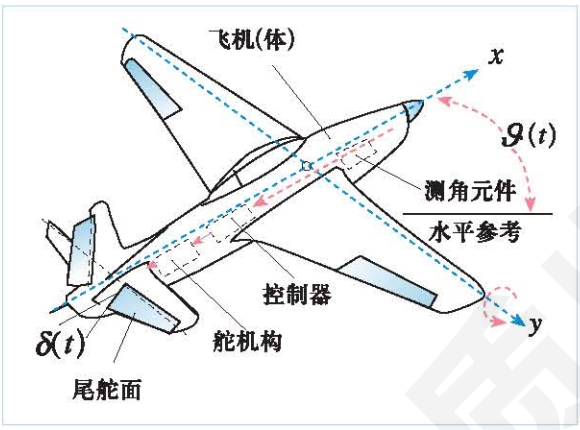


图 4–19 飞机飞行俯仰姿态的示意

图 4–19 表示飞机昂（仰）首飞行时的姿态。其中，

$\vartheta(t)$ —— 俯仰角，表示飞机的 x 轴相对于水平参考的夹角。当飞机仰首时，取 $\vartheta(t)>0$；当飞机俯首时，取 $\vartheta(t)<0$。

$\delta(t)$ —— 尾舵偏转角，表示舵状态。

功能

实际的俯仰角 $\vartheta(t)$ 按照飞行指令 $\vartheta_0(t)$ 的要求而变化，即系统输出要跟随着系统指令输入的变化规律而变化，称之为**随动控制**。

系统组成

飞机(体)；舵机构，舵面；控制器；测角元件(传感器)。

工作过程

（1）指令信号 $\vartheta_0(t)$（要求飞机的实际俯仰姿态角 $\vartheta(t)$ 趋于 $\vartheta_0(t)$）传送给控制器。

（2）控制器将信号放大、变换后再传送给舵机构。

（3）舵机构偏转尾舵面 $\delta(t)$。

（4）偏转的舵面上产生的气动力，驱动飞机绕 y 轴或 $-y$ 轴作仰（俯）首旋转运动，得到实际的俯仰姿态角 $\vartheta(t)$。

（5）测角元件感知实际俯仰姿态角 $\vartheta(t)$，反馈回来与指令 $\vartheta_0(t)$ 相比较后，得出偏差

$$e(t) = \vartheta_0(t) - \vartheta(t) \tag{4-1}$$

此后，重复(2)→(3)→(4)→(5)，经过如此不断地控制调整，直到满足 $\vartheta(t)$ 趋近于 $\vartheta_0(t)$ 的状态，即飞机进入新的平稳飞行状态。

干扰

如果突然有一阵风对着飞机头部自下而上地吹过来，飞机的姿态会怎样变化呢？显然，飞机的头部会因此向上抬起，即机体将作仰首的旋转运动，可能还会使机体产生颠簸。这就是说，飞机的飞行姿态受到了外来阵风的影响。阵风就是机体姿态的干扰因素。

飞机俯仰姿态控制系统框图，如图 4–20 所示。图中，指令 $\vartheta_0(t)$ 是时间的函数，通过姿态控制系统的控制，可以确保实际俯仰角 $\vartheta(t)$ 很好

微信公众号：电子课本大全

地跟随$\vartheta_0(t)$变化。这里的闭环控制系统实际上是通过反馈，实现了按角偏差对俯仰角的自动控制。

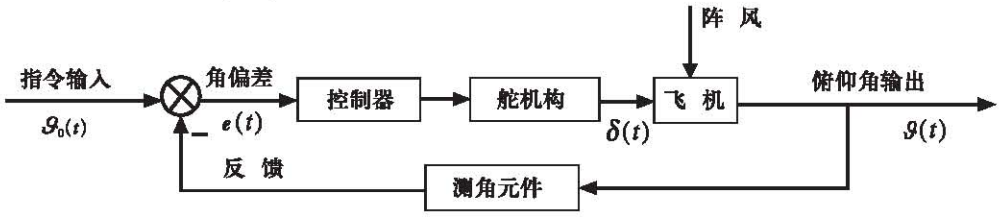


图 4–20 飞机俯仰姿态控制系统框图

试一试

控制系统的框图绘制与解释

（分小组选做）

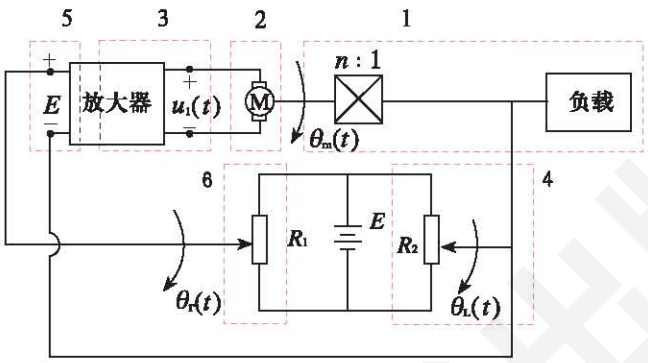


图 4–21 位置随动控制系统

图 4–21 表示一个角位置随动控制系统，即θ_L自动跟随θ_r的改变而变化。图中，各虚线框为：

1—— 被控对象；
2—— 执行器；
3—— 控制器；
4—— 反馈环节；
5—— 比较环节；
6—— 输入设置。

问题思考

如果有了阵风的干扰，飞机的姿态控制系统是如何抑制阵风干扰所带来的影响的？

提示：参照“工作过程”中的有关内容。

二、干扰因素

1. 干扰因素

在人体温度控制系统分析中，我们知道了环境温度变化是人体温度控制系统的一种主要**干扰因素**；在飞机俯仰姿态（角）控制系统分析中，知道了阵风就是机体姿态的干扰因素。那么，一个控制系统的干扰因素是不是只有一个呢？是不是所有的控制系统都有干扰因素呢？其实，一个控制系统的干扰因素不止一个，所有的控制系统的工作运行，都会受到所谓干扰因素的影响。干扰因素对控制系统的影响，有时是破坏性的，甚至是致命的。例如，过高或过低的环境温度，可以使人生病，甚至死亡；过于恶劣的气候条件会威胁飞机的飞行安全。因此，在使用、设计一个控制系统时，必须弄清这个控制系统有哪些干扰

微信公众号：电子课本大全

因素。为此，我们需要学会分析一个控制系统的干扰因素，以及这个因素是如何对这个系统的运行产生影响的，以便我们在使用和设计控制系统时，尽力避开或抑制这些干扰因素对系统的影响。

2. 抗干扰性

什么是干扰呢？顾名思义，它是对控制系统的干涉或扰动。准确地说，干扰就是控制系统的**外部**环境或条件对系统的工作**准确性**产生的影响。这种影响越小越好。如果一个控制系统能够很好地避开或抑制干扰，使干扰对系统产生的影响很小，我们就说这个系统**抗干扰性**强。

一个系统的干扰因素是什么，要分析控制系统易受到其外部环境或条件中的哪些因素的影响。例如，温度控制系统容易受到环境温度（冷热）的影响，姿态控制系统容易受到大气场中风的影响，电子控制系统容易受到电磁环境的影响，等等。

在控制系统框图中，干扰作用一般表示在被控对象上。

讨论交流

全班研讨下列问题：

1. 控制系统的分类。

从不同的角度看，有不同的分类。试就上面的 4 个案例，填写下表。

表 4–3 控制系统实例分类

分类依据	控制种类	特征和实例
信息流的传递方式		
分类依据	控制种类	特征和实例
被控量的特点		

2. 怎样理解反馈的作用？

提示：对于闭环控制来说，反馈的作用是随时随刻将被控量(如实际水位、实际体温、实际俯仰角等)的信息反传递到比较环节，从而形成偏差量(如水位偏差、体温偏差、俯仰角偏差等)。因此，闭环控制实质上是偏差控制。这里，反馈起到了至关重要的作用。

3. 什么是控制系统的干扰？怎样分析干扰因素？控制系统是如何抑制干扰影响的？

技术实习

分析干扰因素

自选 1～2 个控制系统，分析它们的干扰因素及其产生的干扰影响。

微信公众号：电子课本大全

图片欣赏



1 “神舟”号载人飞船由运载火箭发射升空。



2 飞船经过入轨、定向、变轨等控制过程，进入圆轨道飞行。



飞行期间，航天员监视飞行过程中重要指令的执行与飞船运行状态，并与地面保持密切联系。

3 飞船返回全程控制追踪。



4 飞船顺利返回地面。

微信公众号：电子课本大全

第五节　控制系统方案的初步设计

技术设计过程一般归纳为：发现与明确问题—制订设计方案—模型或原型的制作—方案优化。对于控制系统设计来说，有它的特殊性，即有许多具体的问题需要在方案设计之前搞清楚。因此，本节围绕着如何形成控制系统设计方案这个中心问题，通过案例分析，来把握控制系统方案初步设计的思路和方法。

一、如何形成初步的控制设计方案

控制系统设计方案是怎样形成的呢？先来分析两个案例。

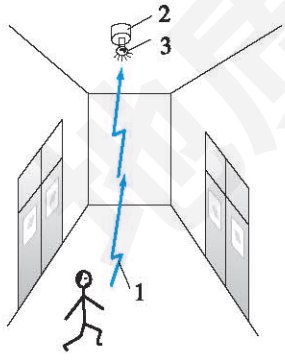
【案例 4–5】声控灯系统

产品评价：为什么要设计声控灯？

用墙上的开关去开灯或关灯，已是习以为常的事。但是，在一个黑暗的走廊里，用手摸索着寻找电灯开关很费事，对外来的生人更是难事；另外，人走了不关灯，是常有的事，形成常明灯，浪费电力。

声控灯具有特殊功能与应用。比如，在公共楼道里安装声控灯，如图 4–22 所示，既方便，又节电。

所谓方便，是指来到楼道里的人，只需发出一定量的声响（如咳嗽一声，拍一下掌，跺一下脚），电灯就会自动点亮，而无需去找墙上的手操开关。所谓节电，是指过了一小段时间，电灯又会自动熄灭；没有人的时候，电灯处于熄灭状态，不会出现长明灯。



1．声响　2．传感器、控制器、常开接点　3．灯泡

图 4–22　楼道里的声控灯示意图

声控灯适用于很多场合，作为产品受到广泛欢迎。

产品展示：声控灯是怎样组成的？

声控灯，是一个简单的开环控制系统。它的组成如图 4–23 所示。

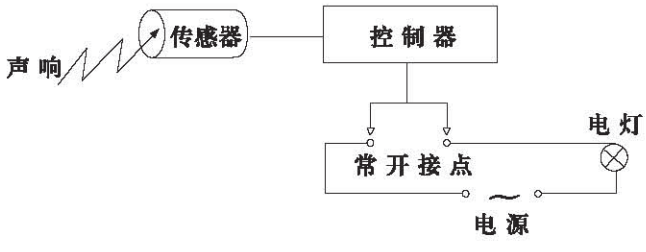
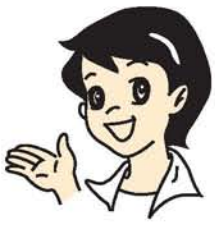


图 4–23　声控灯系统组成示意图

由图可见，声控灯与常规电灯相比，去掉了常规的手操开关，而增设了声传感器、控制器和常开（断开）接点；其中，声传感器的灵敏度可设置为不同等级，以适应不同场合使用的需要。

微信公众号：电子课本大全

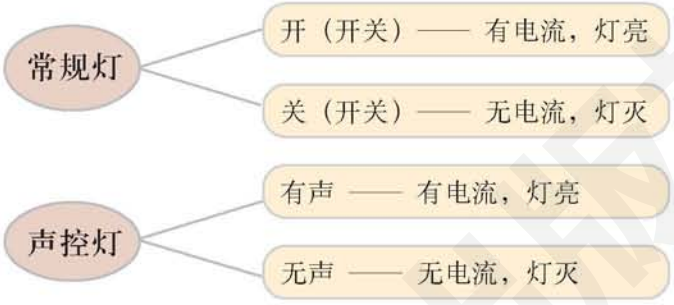
这样的声控灯系统是怎样设计出来的呢？



分析 1：了解被控对象的基本特性

照明用的电灯，具有两个工作状态，即点亮状态与熄灭状态。点亮与熄灭，实际上是供电电路的接通（有电流流过）与断开（无电流流过）。也就是说，这两个工作状态的实质区分是：有电流或无电流。而有电流或无电流，是通过电路中的开关来操纵的。

电灯中电流与开关操作之间的关系，可以表示为：



由此可见，对于声控灯来说，声响是输入，电流是输出，有（无）前者，便有（无）后者。这是输出与输入之间的参数关系——一种简单的逻辑关系。

如果供电电网的电压或频率由于某种原因出现波动，将会给电路造成影响。这可以视为一种干扰，即电网参数的波动，直接影响声控灯的输出—— 电流波动、灯光闪烁。这是输出与干扰的关系。

以上分析的是被控对象，在正常工作状态下，其输出与输入之间的关系，输出与干扰之间的关系，称为被控对象的**基本特性**。

问题思考

如果声控灯的附近并没有来人，而出现意外的声响，如楼上或隔壁有人高声说话或以动作发出声响，灵敏度高的声控灯也会应声而亮。显然，这是另一种干扰。

为避免这种干扰，你有什么好办法？

提示：注意上文的有关内容。

微信公众号：电子课本大全

分析 2：确定被控量与控制量

上面的基本特性分析已经明确：被控对象是灯泡，被控量实质上是电流—— 流过电灯的电流。输出量就是被控量。

那么，什么是控制量呢？也就是说，通过改变什么参数来实现对被控量的控制呢？

由图 4–23 可见：控制器以及常开接点，根据声音传感器传送过来的电信号（有或无），接点的触头动作（动或不动），对电路实现控制（接通或断开），从而决定是否产生电流。因此，接点的通与不通，就是控制量。只是这种控制量，仅表现为两种状态而已。

声响是输入信号，简称输入。声响强，输入（信号）量大；声响弱，输入（信号）量小。声传感器将声信号转换成电信号。控制器根据它立即使接点动作，接通电路供电，并延时 Δt。时间 Δt 的设置，保证了人在楼道里走过时所需要的亮灯持续时间。

分析 3：确定控制系统构成方案

开环控制与闭环控制，二者的根本区别在于：闭环系统应用反馈作用来减小系统的误差，即以反馈量与输入量比较产生偏差量（如本章第二节中的水位差，本章第四节中的温度差、角偏差等），用偏差量作为控制器的输入去实现控制，就是所谓偏差控制。因此，闭环控制利用反馈作用，可以使被控量的误差做到很小。

声控灯系统，只有亮与灭两种运行状态，不存在被控量在量上的误差。因此，声控灯选用开环控制方案，就能很好地完成控制任务。系统的具体构成，包括声传感器、控制器以及常开接点。

分析 4：绘制系统框图

参照前述的控制系统框图的绘制方法，绘制出声控灯系统框图，如图 4–24 所示。

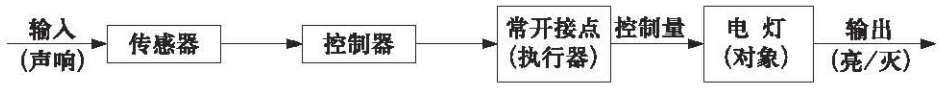


图 4–24 声控灯系统框图

系统框图是系统设计方案的图形描述。它清楚地表述了声控灯系统的设计方案：采用开环控制；系统构成的各环节；输入量（声响）、输出量（被控量）、控制量（接通 / 断开）；信息传递途径。

以上四点分析，便是以声控灯为例的控制系统设计的思想与方法、过程与结果。

微信公众号：电子课本大全

讨论交流

在白天，如果楼道里有足够的光亮，那么，从节电角度出发，应当如何改进上述设计？大家一起来想办法，并尽量具体化。

提示：1.利用感知光强的传感器（常称为光敏器件）。

2.查询并学习逻辑电路中有关与门的资料。

【案例 4-6】棚室温度控制系统

棚室采暖需求

棚室采暖，是棚室环境需求——光、温、水分、气体中的一个重要方面。采暖按热媒的不同可分为：热风式、热水式、蒸汽式、电热式。其中，热水采暖系统运行稳定可靠，是目前最常用的采暖方式。

阅读材料

采暖加温几种方式的比较

表 4-4 棚室采暖加温方式比较表

加温方式	优　点	缺　点	备　注
热　风	1．设备简单，成本低 2．操作方便，便于室内机械化 3．加温快 4．热效率较高	1．室内空气干燥 2．室内温度不均匀 3．停机后降温快	适用于小温室
热　水	1．温度变化小，保温好 2．室内温度均匀 3．可用于地下加热 4．管道腐蚀小	1．设备费用高 2．操作不方便 3．不能用于土壤消毒	大小温室均可使用
蒸　汽	1．管道设备费少 2．可用于土壤消毒 3．蒸汽容易分配	1．室内温度不均匀 2．保温性比热水差 3．管道腐蚀快 4．管理不太方便 5．不能用于土壤加热	大小温室均可使用

微信公众号：电子课本大全



棚室温度控制系统是怎样设计出来的呢？

棚室温度控制系统设计的一个实例，如图4—25所示。

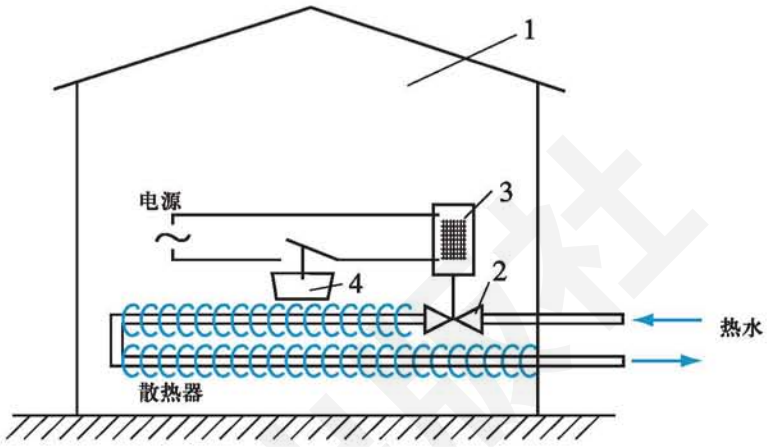


图4—25 棚室温度控制系统示意图

1.棚室 2.电磁阀 3.继电器 4.感温元件

分析1：了解对象基本特性

系统的输出参数是棚室室温，记作$c(t)$。

系统的输入参数是按要求设定的室温值，记作$r(t)$。

系统的主要干扰参数是室外冷环境的影响，如通过棚顶、墙或开门，造成室内温度下降，记作$f(t)$。

$c(t)$与$r(t)$、$f(t)$之间存在一定的关系。比如，当设置$r(t)$为某值时，若棚室内容积较小，在棚盖与棚墙的绝热性较好、供给的热水温度较高的条件下，$c(t)$用较短时间就能达到期望值；同时，$f(t)$将影响温控效果。

实际上，$c(t)$的变化并不能立即跟上$r(t)$，总要落后一段时间（如上面说到的“较短时间”），这就是所谓的对象的热惯性表现。热惯性，是对象的一种基本特性，它反映了输出参数与输入参数间的特定关系。惯性，在很多系统中都有所表现。

微信公众号：电子课本大全

自学技术

曲线——常用技术语言的一种

图 4—26 中的曲线，表示某一温度控制系统的输出 $c(t)$跟踪输入 $r(t)$的过程，称此为**响应特性**。

首先，看 $r(t)$的变化：

在 t_1 时刻，$r(t)$从原来的某一个值（如图中的温度 T_1），跃变为另一个新值（如图中的 T_2），如图中黑色曲线。

接着，看 $c(t)$的变化：

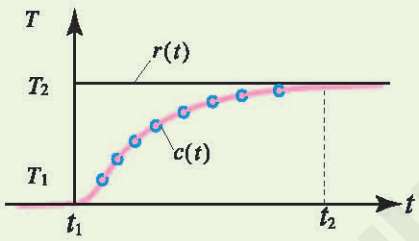


图 4—26 温度控制系统响应特性

$c(t)$自 t_1时刻，并没能立即跟上 $r(t)$作跃变，而是逐渐上升；经过一段时间 $(t_2 - t_1)$ 之后，$c(t)$接近 $r(t)$的新值，即期望的温度值，称为**稳态值**。

响应特性表明，$c(t)$跟上 $r(t)$达到稳态值，需经历一段时间 $(t_2 - t_1)$。从达到稳态的角度看，$c(t)$落后于 $r(t)$。这就是被控对象具有热惯性的体现。$(t_2 - t_1)$ 值越大，热惯性就越大，$c(t)$跟上 $r(t)$越慢。

这样的响应特性，可以通过实验的方法测得，而不需用很多的仪器。测试的具体方法是：

1. 在温度为某一稳态值(如 T_1)时，设定 $r(t)$的新值(如 T_2)。让供水阀门以某一开度供热水，并以此作为 t_1 时刻。

2. 每隔一小段时间 Δt，用秒表计时，并用温度计测量室温 $c(t)$，得到一个又一个的响应点。如此做下去，待到 $c(t)$趋近于新的稳态值时为止，即对应 t_2 时刻。

3. 在 $T-t$ 坐标纸上，点出记录的各响应点（如图 4—26 中红色曲线上的蓝色小点）；连接各点，便得到响应特性曲线。

微信公众号：电子课本大全

分析 2：确定被控量、控制量

由图 4－25 可知：

室温，是系统的被控量。

电磁阀的阀门开度，记作 $x(t)$，是系统的控制量。

假定，采暖锅炉供给的热水水温一定。当 $x(t)$ 最大（相当于阀门全打开）时，热水管及散热器向室内供应最大热量；当 $x(t)$ 为零（相当于阀门全关闭）时，热水进不来，不向室内供应热量。这是阀门工作形式的一种，即全开或全关，称此为**双位调节**。

分析 3：确定控制方案

在图 4－25 中，感温元件监测室内实际温度，起着反馈作用；与设定的 $r(t)$ 形成温度偏差，继电器动作，接通供电电路，电磁阀打开，热水进入水管供热。显然，这是一个闭环控制系统。为什么要采用闭环控制呢？

棚室温度控制，对被控效果要有较严格的控制，如精度（精确度）。因此，选用闭环控制。闭环控制系统，以其反馈作用，利用偏差，通过控制器的合适控制，可以获得较高的精度。

此外，当干扰作用较强时，闭环控制又可以起到抑制干扰影响的作用，这也是选用闭环控制的考虑因素之一。

分析 4：绘制系统框图

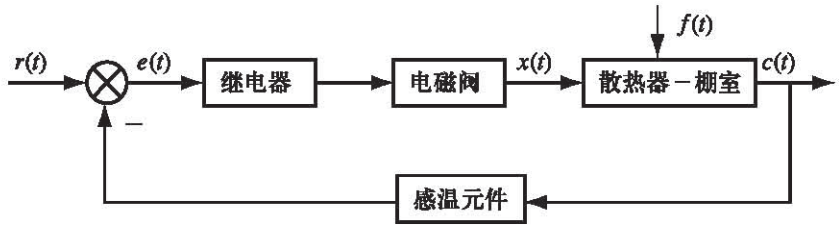


图 4－27 棚室温度控制系统框图

$r(t)$—输入　$c(t)$—输出　$e(t)$—偏差　$x(t)$—控制

微信公众号：电子课本大全



小资料

对温室自动控制系统的基本要求

温室控制（调节）系统的工作品质，直接影响着产品的产量、品质和效益。因此，对控制系统的基本要求有：

1.可靠性

由于温室内的高温、高湿和存在腐蚀性气体，所以控制装置是处于一个十分不利的环境下长期工作，为此要求配套的设施和器材具有较高的可靠性。为了提高可靠性，在具体装置中可采用光电隔离，屏蔽、滤波，电源和接地系统抗干扰措施等，以及采用适当的防潮、防腐蚀等工程措施，保证控制设施长期安全、正常的工作。

2.调控精度

在温室生产中，影响生物体生长发育的环境因素如光照、温度、湿度、CO_2浓度等，对不同的生长发育的阶段都有较严格的范围，因此，为保证生物体优质和高产、稳产，控制系统的精确度至关重要。这里要指出的是：在生物环境工程中，对某一被调参数的控制精度并不像电子和机械工程中那么高，如西红柿种子发芽的适宜温度为20 ℃～30 ℃（上限为35 ℃，下限为10 ℃），开花温度在15 ℃以上，均有一个适宜的温差范围，即要求控制系统的控制精度只要在该适宜范围内即可。

3.适应性

现代的自动化温室造价都很高，因此，不能单生产某一种作物品种。要根据作物品种不同和在各个不同的生长发育阶段对环境的要求，灵活方便地调整各被控环境因子，以满足作物生长发育的需求，获得高产和优质的成果。



问题思考

对温室自动控制系统的基本要求，可以给温室自动控制系统设计工作提供哪些启示？

微信公众号：电子课本大全

小资料

自动调节系统与调节规律

当系统输入为常值或随时间缓慢变化值时，能保证在干扰作用下也能使系统输出自动保持恒定的预期值，称此为**自动调节系统**。

任何调节系统调节过程的优劣，都取决于调节对象的特性。一般来说，调节对象的特性难以人为加以改变。因此，要想获得满意的调节效果，就应该根据调节要求，选择（设计）具有合适的调节规律的调节器（一般称之为控制器）。

所谓**调节规律**，是指调节器的输出与其输入信号之间的关系随时间变化的规律。

图 4—25，就是一个自动调节系统，它采用的是双位调节规律。当室温降到一定程度时，感温元件中的波纹管收缩，并带动继电器触点闭合，将电磁阀门全打开，热水进入，使室温升高。当室温升到某一值时，波纹管跟着膨胀，继电器触点断开，电磁阀门关闭，热水停止入内。可见，波纹管的输入信号是温度，输出信号是波纹管收缩或膨胀而产生的位移。波纹管的位移随室温的变化而变化的规律，就是它的调节特性或调节规律。从系统设计的角度来看，选择具有合适特性的波纹管，属于调节器的设计。

调节系统是控制系统的一种。对于控制系统而言，同样存在控制规律、控制器的设计，而且，这是控制系统设计的重要内容。控制器的设计，需要做定量计算与求解、需要做权衡、需要做优化等工作。

阅读材料

另一类控制系统响应曲线

以图 4—28 中的曲线为例，表示飞机的$\vartheta(t)$跟随$\vartheta_0(t)$的过程。

首先，看指令输入信号的变化：

$\vartheta_0(t)$在t_1时刻，从原来的某一个值（与左侧时间轴重合的水

微信公众号：电子课本大全

平线所示），跃变为另一个新值(蓝色水平虚线所示)。原有值到新值，连接起来就是折线①，像一个台阶。这表示指令要求飞机俯仰角突变（这类信号常被称为**阶跃信号**）。

再来看输出信号是怎样变化的：机体的实际$\vartheta(t)$，自t_1时刻开始，从原来的值(时间轴上t_1那个点对应的值)，沿着红色曲线②逐渐上升；然后，随着时间的推移，曲线②围绕着表示$\vartheta_0(t)$新值的水平直线①，形成了一条波浪式的光滑曲线；再往后，到了t_2时刻，$\vartheta(t)$才趋近$\vartheta_0(t)$，进入稳态。因此，$\vartheta(t)$跟随$\vartheta_0(t)$，需要经过一个跟随指令的动态工作过程。

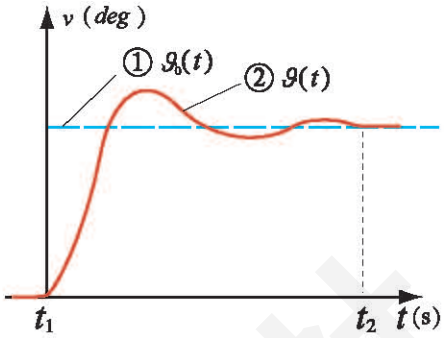


图 4–28 飞机俯仰角跟随响应特性曲线

你注意到了这种跟随特性的突出特点了吗？在(t_2-t_1)时间段内，系统依据角偏差量$(\vartheta_0(t)-\vartheta(t))$进行控制，导致$\vartheta(t)$曲线相对$\vartheta_0(t)$的新值上下波动，常称此现象为**幅值震荡**，简称**震荡**。具有震荡，便是这个控制系统跟随特性的突出特点。或者说，这条俯仰角跟随曲线表明这个控制系统具有震荡特性。

二、控制系统方案初步设计方法的讨论

问题思考

讨论之前的思考

通过上一小节中两个案例的分析研究，你对控制系统方案设计的思路与方法，是怎样认识的呢？归纳整理一下，把自己认识的要点记在学习笔记本上。

本小节的讨论，采用“引导问题”和“参考观点”并行的方式展开。给出的“参考观点”，仅供参考，不是答案或答案的全部。如果你有什么好主意，也可以穿插进来。

微信公众号：电子课本大全

引导问题	参考观点
（1）面对控制系统方案设计任务时，从哪儿入手？	○ 从分析入手。
（2）控制系统中，一般由许多环节组成，你首先关注的是什么？	○ 首先关注： 传感器／控制器／执行器／对象／反馈。 注：“／”表示“或者”的意思，以下相同。
（3）需要了解对象的基本特性吗？	○ 需要／不需要。
（4）控制系统中有许多变量，做设计时，先要确定其中哪些量呢？	○ 输入量／控制量／被控量、输出量／反馈量／偏差量。
（5）选用开环控制或闭环控制的考虑根据是什么？	○ 越简单的越好／越高级的越好；控制精度／抗干扰性／经济性……
（6）绘制控制系统框图，要注意表达哪些内容？	○ 系统构成的类型／组成环节之间的关系／各种量间的关系／信息流通。

技术实习

在方案设计中长才智
——控制方案初步设计的练习

〔**命题**〕亮度可调台灯的原理性电控初步方案的设计。

设计目的：应用调压原理，采用最简单的原理性电路，使灯泡亮度可调。

设计内容与要求：

1.了解对象基本特性。

注：指亮度可调台灯在正常工作时，对象的输出信号与输入参数间的关系；与主要干扰参数间的关系。

2.确定被控量、控制量。

3.选用开环控制或闭环控制。

注：要简述选用的根据。

4.绘制控制系统框图。

设计的提示：

○ 考虑到仅是原理性设计，电路要尽可能简单。比如采用可变电阻，通过改变电阻的大小来调节灯泡亮度。

○ 选择电路元件，包括灯泡、可变电阻等，进行必要的电路计算。

○ 分析一下这种简单的原理性方案，可能会出现什么问题？原因是什么？

微信公众号：电子课本大全



试一试

亮度可调台灯的实用性电控初步方案的设计

设计目的：应用调压原理，采用实用电路，使灯泡亮度可调。

设计内容与要求：

与上面的原理性方案设计内容与要求相同。

设计的提示：

○ 这个实用方案设计，会带来更深一层的收获。最好还是做一做。

○ 重点是选择一个实用电路，以替代原理性方案。如采用可控硅技术构成实用性控制方案。

○ 需要查询、学习有关技术资料，如可控硅技术等。

做法：

1.分组进行，按组拿出设计方案；每人都要参与、体验设计全过程。

2.全班交流，小组报告并展示设计方案，讨论。

3.做好记录，写好设计报告。



评价与小结

1.从创新的角度，评价各小组的设计方案，总结在控制系统方案设计过程中有哪些新想法、新做法、新认识？

2.通过控制系统设计的学习，我们的收获是什么？

3.在设计中，是如何发挥集体力量的？

第六节 控制系统的实现

控制系统的实现，是指根据控制系统的设计方案，进行制作、运行调试、改进设计方案等。因此，实现有别于设计，实现是设计的延续。按照这样的思想，在这一节中，我们把学习研究的重点放在制作或实施——调试——评价与改进等方面。

一、在控制系统制作中显身手

为了方便制作，特设立两个命题，任选做一个。

微信公众号：电子课本大全

〔命题A〕 亮度可调台灯的制作

制作内容

亮度可调台灯，作为一个装置，由两部分组成：

（1）灯体、灯座、灯罩、灯头 —— 非电部分。

（2）控制电路 —— 电气部分。

因此，制作的内容也是两部分：

（1）非电部分。

（2）电气部分。

制作要求

（1）非电部分的设计方案，由各小组自行拟定。

（2）电气部分，首先根据上一节中原理性设计方案，进行具体控制电路的制作；然后，根据上一节中实用性设计方案，进行具体控制电路的制作。

〔命题B〕 一种减压水箱的模拟实施

阅读材料

减压水箱

养鸡场水源一般用自来水。自来水水压相对较大，而鸡用自动饮水器需要较低水压，而且要控制在一定范围内。这就需要在饮水器前端设置减压装置，以实现自动降压和稳压的技术要求。减压水箱是普遍使用的减压装置。

减压水箱结构图如图 4–29 所示。

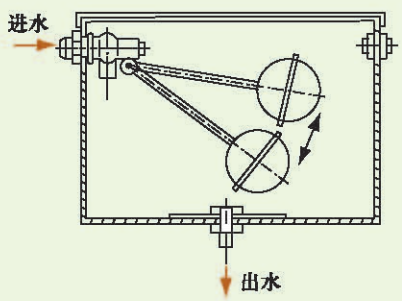


图 4–29 减压水箱

模拟实施内容

（1）选用合适的容器，作为水箱箱体。

（2）选择合适的浮球阀、浮子。

（3）在箱体上钻孔。

（4）安装浮球阀、浮子等零件。

（5）在进水口前端加装进水阀，并接通自来水。

实施要求

（1）实施前要画出拟制作的装置草图。

（2）钻孔前要在箱体上画好线。

（3）注意实施过程中的安全。

微信公众号：电子课本大全

二、学会控制系统（装置）调试

1.命题A的调试

调试步骤

亮度可调台灯的调试，这里主要是指控制电路的调试。

电路调试，一般要分两个大步骤进行：

(1)通电前，电路的检查与测试。

包括：检查各元器件的位置、参数值、连接是否正确；焊点是否可靠。

检测方法，可先按电路图逐段检查，必要处，还要用万用电表检测。

(2)通电调试。

包括：用电表逐段检查电路所承受的电压是否正常；旋动旋钮（即改变电位器触头位置），观察灯泡亮度改变的情况。

调试中注意的问题

(1)注意安全。因此，在通电调试之前，要请老师来检查。老师同意后，才可通电，切不可擅自行动。

(2)对原理性方案的调试，除了要观察亮度可调的情况之外，要特别注意观察存在的问题，并找出原因。

(3)调试中，如没达到预期目的，要暂停调试，认真查找、分析，直到找到原因并改正后，方可恢复进行。

(4)调试的全过程中，要分工明确，按步进行；要有专人认真做记录(包括：每项调试内容，现象、数据、问题、改正等)。

2.命题B的调试

调试步骤

(1)进水前，按结构图检查，包括各部分安装是否正确、浮子上下活动是否灵活、可靠。

(2)进水调试，包括观察箱内水面变化与浮子升降的对应情况、自动关闭浮球阀，并及时停止进水的情况。

(3)调整水位设定的高度。

问题思考

命题B中的水位设定高度若要改变，可以采用什么方法？

微信公众号：电子课本大全

三、评价与改进

1. 评价的内容与角度

○ 设计方案的评价

包括：方案的可操作性；方案的先进性、特色；方案的优缺点。

○ 制作水平的评价

包括：装置的可靠性；工艺水平。

○ 装置整体评价

包括：适用性，经济、耐用，美观、大方。

2. 改进与创想

○ 经过设计、制作、调试等过程实践，特别是在遇到的挫折、偏差、问题面前，你一定会产生许多思考，把它们集中起来，你有哪些改进意见？你有哪些创想？大胆提出来！不要让金点子的火花轻易消失掉。



试一试

回顾本章第一节的调查研究活动，在“要实施控制的问题”中，选择一个课题，进行控制设计，或对原有控制设计进行改进。



问题思考

学习控制与设计后的思考

在本章中，从控制系统的基本组成、工作过程、框图、主要干扰因素、被控对象的基本特性到形成初步的控制设计方案、实施，我们只是探究了一些简单控制系统。这就是说，为了从思想和方法的角度学好和适当掌握控制和控制设计，从“简单”入手是很必要的。实际上，有许许多多的控制系统，包括控制系统分析与控制系统设计，要复杂得多。

控制系统的复杂，首先表现为被控对象的特性上，还表现为控制器与控制设计上，也可以表现为控制方案和系统构成上。仅就控制系统的构成形式，其复杂性的表现可以有：

○ 多输入　比如前面讨论的声控灯，只有一个输入——声响。如果在白天可利用自然光，不想让声控灯亮，怎么办？解决方法之一，在声控的基础上，再加上光控。即让声与（环境）光同时起作用，即为两个输入。声、光共控的灯，显然更能节电。

微信公众号：电子课本大全

○ 多输出　比如飞机，在案例4—4中只讨论了它的俯仰角输出。实际上，飞机在空中飞行，有多个运动参数都需要实行控制，如飞行速度、飞行高度、飞行姿态角（包括俯仰角、偏航角、滚转角）等。因此，飞机运动控制系统是多输出。

又比如汽车，它的行进方向、速度、刹车的控制，也是多输出。

○ 多回路　闭环系统的回路，在实际系统中很可能是多个。比如，汽车，它的速度控制，以脚踩油门开度为控制量，组成一个控制回路；它的方向控制，以方向盘偏转角为控制量，组成另一个回路。值得注意的是：两个回路的被控对象是一个——汽车，控制器也是一个——人。也就是说，同一个被控对象，将两个（多个）回路耦合到了一起，实行协调控制（其他的多回路控制系统，各个回路所用的控制器可以是各自的）。

重要的是：控制系统的复杂性，给我们带来了什么启示与思考呢？

○ 事物总是有简单、有复杂，各个门类的技术也是如此。从学习、探究的角度看，多是从简单的入手。这是成功的经验与方法，即使“简单”，它却蕴含着基本的思想和基本的方法。因此，我们要学好它。

○ 我们学习技术与设计的思想与方法，根本的目的是运用这些思想和方法。我们在学好所谓“简单”的基础上，就具有了再去深入学习、探究、发展的素养与能力。因此，今后的学习与实践在等待着我们！

你的思考是什么呢？

微信公众号：电子课本大全

学习控制与设计的小结

控制（Control），是当今世界科学技术发展的主要标志性技术，即4C技术之一。学习控制与设计，有助于我们运用控制的基本思想和方法，来解决现实生活中遇到的相关问题，提升和发展我们的逻辑思维品质。学习本主题，重在从思想和方法的角度，理解控制和控制的应用，掌握简单控制系统的设计。让我们沿着以下的流程，共同思考——讨论——评价，作为学习的小结。

怎样理解控制？
怎样理解开环控制、闭环控制及其应用？

↓

如何阐述简单的开环控制系统和闭环控制系统的基本组成和简单工作过程？

↓

如何画好简单闭环控制系统的框图？怎样理解其中的控制器、执行器等环节的作用？特别是反馈环节的作用？怎样确定被控量和控制量？

↓

简单控制系统的干扰因素主要有哪些？

↓

如何对一个简单的控制系统进行设计？
控制系统制作和调试过程中，你学习到了些什么？
如何评价这些学习活动？

↓

学习控制与设计的主要收获有哪些？

微信公众号：电子课本大全

技术与设计 2 的学习总结

在技术与设计 2 中，我们学习、研究了结构与设计、流程与设计、系统与设计及控制与设计 4 个主题。这 4 个主题，在现代技术中具有典型意义，它们与整个技术世界的蓬勃发展密切相关。

在学习即将结束之际，让我们以研讨与交流的方式，来做本模块的学习总结。

研讨内容

1. 知识技能方面

● 如何从力学的角度理解结构的概念和一般分类？结构是如何承受应力的？

● 影响结构的强度和稳定性因素有哪些？

● 对一个简单对象进行结构设计，应包容哪些过程？应该注意养成什么样的良好设计习惯？试联系实际，举实例说明。

● 怎样评价结构设计方案？

● 流程对生产、生活的意义是什么？时序和环节的意义是什么？

● 在流程设计中如何把握应考虑的基本因素？

● 如何概括简单生产流程优化过程中所应考虑的主要问题？流程的优化与设备、材料等之间有什么样的关系？试联系实际举出应用实例。

● 如何对简单对象进行流程设计或流程改进设计？怎样论证说明所提方案的可行性？试联系实际，举出应用实例。

● 怎样从应用的角度理解系统的含义？如何理解系统的基本特性？

● 如何把握系统分析的基本方法？怎样运用系统的思想和系统方法来观察、思考和处理问题，做到理性分析和科学决策？试联系实际，举出实例。

● 影响系统优化的因素有哪些？什么是最优化方法？

● 什么是系统设计的基本方法和基本原则？系统方案设计的基本要求有哪些？如何根据设计要求进行系统的方案设计？

● 怎样理解控制的含义及其广泛应用？怎样理解开

提示：

○虽然，我们所列的研讨内容多是以问题的形式给出的，但是，不要只是简单地回答问题。重在引发思考，重在正确理解和把握有关的技术思想和方法，并运用这些思想和方法去观察、思考和解决我们所遇到的种种问题。通过这样的过程，提高我们自身的技术素养和能力。

○研讨中要注重观点、论据，更要注意联系实际，要用实例说明问题。

微信公众号：电子课本大全

环控制系统、闭环控制系统及其应用场合？

● 怎样理解闭环控制系统中的控制器、执行器等环节，特别是反馈环节的作用？怎样确定被控量、控制量？怎样画好闭环控制系统的框图？试联系实际，举实例逐一说明。

● 简单控制系统的干扰因素，主要有哪些？分析干扰因素有何实际意义？

● 怎样形成初步的控制设计方案？控制系统的制作、实施或模拟实施，应包容哪些过程？

2. 经验与教训方面

○ 通过本模块的学习，在思想方法和对待技术与设计的情感、价值观等方面，都取得了哪些收获？有哪些主要体会？结合具体内容，逐一总结、归纳、交流。

○ 在学习与探究过程中，有哪些成功经验？成功之中还有哪些不足？有哪些失败教训？失败之中，有哪些成绩？

○ 怎样理解创新是技术与设计的核心，优化是技术与设计的永恒命题和前进的动力？在技术与设计的实践中，我们有哪些创新？

提示：

○ 我们学习有关的技术与设计的思想和方法，包括整体、协调、关联、控制、稳定、比较选择、改进优化等，具有广泛的实际应用价值和可迁移性，有利于可持续发展，将使我们终身受益。

○ 4 个主题中，多处强调技术与设计的改进和优化，增强了我们的创新意识和能力。

书面总结

○ 提交各主题技术设计的报告（包括设计方案、图纸、样品、设计总结，以及对方案的评价意见）。

○ 就自己在技术与设计的实践活动中的主要收获，写成小论文，全班进行交流。并从中评选出几篇优秀论文，在全年级或全校进行汇展。

特别注释

○ 在本教科书中，安排了少量的关于定量计算、数学模型等内容，大家只需对此作一般性理解。

○ 在“控制与设计”中，安排了少量的关于控制系统特性、特性简易测试法等内容，还安排了一些较难的个别案例，意在磨炼大家，引导大家深入学习，培养我们战胜困难的意志力。

微信公众号：电子课本大全

附录　部分中英文词汇对照表

结构	structure
设计	design
技术	technology
实心结构	solid structure
框架结构	frame structure
壳体	shell
变形	transformation,modification
拉伸	tension
压缩	compress
弯曲	bending
荷载	load
拱	arch
梁	beam
应力	stress
强度	strength
稳定性	stability
流程	process, flow
环节	tache, link
时序	scheduling
流程图	flow chart
优化	optimize
系统	system
子系统	subsystem
智能化	intelligent
元素	element
自然	nature
人造的	synthetic, man-made, artificial
实体	substantiality

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

抽象	abstract
基本特性	basic character
静态系统	static system
动态系统	dynamical system
开放系统	open system
封闭系统	closed system
数学模型	mathematical model
建模方法	model building method
系统分析	system analysis
控制	control
控制系统	control system
框图	frame
通道	passage
传感器	sensor, transducer
控制器	controller
执行器	actuator
被控对象	controlled plant
开环控制	open loop control
闭环控制	closed loop control
反馈	feedback
干扰因素	disturban
干扰	disturbance
抗干扰性	anti-interference
准确性	accuracy
被控量	controlled rariable
控制量	controlled quantity

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

后　记

本套教科书是根据教育部《普通高中技术课程标准》（实验）编写的。在编写过程中，我们牢牢把握“以提高学生的技术素养为主旨”、“以创新精神和实践能力培养为重点”，突出了技术课程内容的基础性、通用性和先进性，体现了知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三个维度的课程目标，紧密联系我国普通高中技术课程教育发展的需要，兼顾不同地域、不同教学水平、不同学生的个性化学习需求，选择符合时代要求、符合我国当前社会文化和经济建设现状及发展需要、符合学生学习生活和认知规律的基础知识与基本操作技能作为教学内容，构建全新的系列化教科书。

本套教科书共分9个模块。其中，《技术与设计1》、《技术与设计2》2个必修模块和《电子控制技术》、《建筑及其设计》、《简易机器人制作》、《家政与生活技术》、《服装及其设计》、《汽车驾驶与保养》6个选修模块各编写一册，《现代农业技术》模块按专题分6册编写。本套教科书供高中一年级至三年级使用。

本套教科书由孙世强、鲍珑、陈玲玲主编。《技术与设计2》由张家余教授主编。王幼龙、李万庆、施滨刚、刘红军等老师作为编写组成员参加了本教科书编写框架的讨论，并对初稿提出了宝贵的修改意见。

在教科书编写过程中，得到了许多单位的大力支持和帮助，得到了许多教育界前辈和各学科专家、学者以及教学第一线教师们的关心和指导。在本套教科书出版之际，我们特别感谢湖南省教育科学研究院、黑龙江省教育学院高中教研部、哈尔滨工业大学、北京师范大学天津附属中学、南开大学、天津工程师范学院、天津师范大学国际女子学院、天津科技大学、天津大学建筑学院等单位给予的支持和配合，特别感谢伞冶、张维富等同志对教科书编写工作给予的指导和帮助。

我们还要特别感谢使用本套教科书的实验区的师生们，本教科书的修订就是在广泛征询实验区广大师生意见的基础上进行的。在修订过程中，还得到了北京市教科院、山东省教研室、北京师范大学实验中学、中国人民大学附属中学等单位的大力支持，在此谨表谢意。

希望广大师生在使用过程中，对本套教科书提出宝贵的意见，以便进一步修改和完善。

《通用技术》编写组

二〇一一年七月

微信公众号：电子课本大全

通用技术

必修2 技术与设计 2

JISHU YU SHEJI 2



地质出版社

ISBN 978-7-116-04025-0

9 787116 040250 0 3>

定价：15.95元

（内附光盘一张）

绿色印刷产品

微信公众号：电子课本大全