普通高中教科书 通用技术 必修 技术与设计2

普通高中教科书

通用技术

技术与设计2

必修

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

通用技术

技术与设计2 必修

JISHU YU SHEJI 2

地质出版社
·北　京·

微信公众号：电子课本大全

主　　编：陈玲玲　王永奉
副 主 编：王明彦
本册主编：张家余　马　杰　张　华

普通高中教科书 通用技术 必修
技术与设计 2

责任编辑：胡庆翠　刘振山
出版发行：地质出版社
咨询电话：(010) 66554599（编辑室）
网　　址：http://www.gph.com.cn
电子邮箱：huqingcui@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：2019 年 8 月第 1 版 · 2019 年 8 月第 1 次印刷
定　　价：10.60 元
书　　号：ISBN 978-7-116-11581-1

（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）

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

致同学们

我们将要学习的通用技术，属于基础技术，它应用广泛，具有广泛的迁移价值。“技术与设计 2”中的四个主题模块既是具体的、通用的技术，具有典型意义，又是通用技术这棵“大树”的主干与根基。

本册教材谨遵教育部颁布的《普通高中通用技术课程标准（2017 年版）》的精神与要求，充分吸取 2004 年以来我国普通高中课程改革实践的宝贵经验，充分借鉴国际基础教育课程改革的先进做法，充分采纳本教材编著者数十年来在科学与工程研究、教学实践与研究等方面的创作思想与成果，全面落实立德树人根本任务。

学习技术与设计的基本思想和基本方法，将使我们拥有技术意识、工程思维、创新设计、图样表达与物化能力等核心技术素养；学习技术与设计的基本思想和基本方法，将使我们融入创新驱动发展的社会潮流，成为实现中国梦之有用人才；学习技术与设计的基本思想和基本方法，将使我们顺应时代高速进步与社会持续发展的期求，无论将来从事什么职业，都能主动适应未来，受益终身。

同学们，学习“技术与设计 2”，请注意以下几点：

（1）以技术与设计为主线索，认真钻研各主题模块的要点，努力提高技术理论素养。

（2）以教科书中的案例为参照，举一反三，挖掘技术内涵，切实做好所有的实践与探究性学习活动，既动脑又动手，努力提高技术实践素养。

（3）在老师引导下，发扬团队协作、开拓创新精神，使学习技术课程的过程，成为一种创新体验的过程，努力增强创新能力。

（4）学习“技术与设计 2”，可能会遇到挑战，要以坚强的意志力，迎接挑战继续前进，努力增强耐挫能力。

同学们，努力吧！祝你们成功！

微信公众号：电子课本大全

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

目录

第一章　结构及其设计 1

第一节　初识结构 3

一、结构实例展示 3

二、结构的含义、功能与分类 6

第二节　典型结构分析 10

一、单杠结构分析 11

二、棚室屋架结构分析 12

三、钢箱梁桥结构分析 13

第三节　结构的强度与稳定性 20

一、结构技术试验及其过程评价 20

二、应力与强度 24

三、影响结构强度的因素 25

四、结构稳定性 28

五、影响结构稳定性的因素及应用 28

第四节　结构设计与制作 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　典型结构欣赏和结构设计评价 37

一、典型结构欣赏 37

二、结构设计评价 38

学习结构及其设计的小结 39

第二章　流程及其设计 40

第一节　了解流程 41

一、什么是流程——两个实例展示 41

二、流程的含义——两个实例的小结 42

微信公众号：电子课本大全

第二节　流程分析……43
一、典型案例分析……43
二、识读流程图……48
三、学画流程设计框图……50
第三节　流程环节与时序的获取……51
一、实际流程设计的两种情形……51
二、研究流程内在的属性与规律……51
第四节　流程优化……53
一、一个简单流程的分析……53
二、对洗衣机工作流程问题的思考与优化……54
三、流程优化的目的与条件……55
四、流程优化的启示与思考……56
第五节　流程设计及其评价……57
一、选题学做流程设计……57
二、流程设计后的思考……59
三、流程设计评价……60
学习流程及其设计的小结……60
第三章　系统及其设计……61
第一节　揭开系统的面纱……62
一、系统实例……62
二、系统的含义与分类……69
第二节　系统的基本特性分析……71
一、系统分析案例……71
二、系统的基本特性……78
三、系统分析的基本方法……79
第三节　系统优化……80
一、什么是系统优化……80
二、影响系统优化的因素与最优方法……84
第四节　简单系统设计的基本方法……88
一、简单系统设计案例分析……88
二、简单系统设计的基本方法……91

微信公众号：电子课本大全

三、系统设计的基本原则 92
第五节 简单系统的方案设计 94
一、命题：赛事系统方案设计 94
二、设计及其评价 94
学习系统及其设计的小结 97
第四章 控制及其设计 98
第一节 什么是控制 99
一、控制实例 99
二、控制及其应用 101
第二节 控制系统的基本组成和工作过程 104
一、典型控制系统案例分析 105
二、控制系统的基本组成和工作过程 109
第三节 控制系统框图 111
一、控制系统框图的绘制方法 111
二、控制系统框图中的通道与环节 113
第四节 控制系统的干扰 115
一、典型控制系统案例分析 115
二、干扰因素 118
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系统设计方案 120
二、控制系统方案初步设计方法的讨论 127
第六节 控制系统的实现 129
一、在控制系统制作中显身手 129
二、学会控制系统（装置）调试 130
三、评价与改进 131
学习控制及其设计的小结 133
多技术交叉综合应用实践 134

微信公众号：电子课本大全

地质出版社

微信公众号：电子课本大全

第一章　结构及其设计

学习结构技术，体验简单结构的设计过程，欣赏结构的精美、和谐与经典，有助于我们处理简单结构设计问题，解决现实中有关结构的问题，拓宽思维和想象空间。

微信公众号：电子课本大全

学前沙龙

欣赏典型结构，学做简易衣帽架

让我们先从欣赏三组图片（图 1-1）开始，走进结构的大千世界，探索结构的奥秘。



图1-1　不同结构设计的产物

上面图片中的建筑物、交通工具及生活、学习和体育器材等，都具有结构的新奇特色。如港珠澳大桥采用深达 40 多米的海底沉管隧道，滴水不漏。从赵州桥到港珠澳大桥，先进的结构技术为中国桥文化铸就了不朽的辉煌！

上述三组图片示物的技术核心是结构，它们的共同特点是都要承受和抵抗各种各样的作用力，抵抗可能由此引起的变形或损伤。它们都是结构设计的成果。

本次沙龙，极大地激发了同学们对结构探究的兴趣。有同学提议，为改善宿舍的环境，我们自行设计、制作一个简易衣帽架吧！这个想法一提出，即刻得到了大家的一致赞同。

制作出的衣帽架，应当能承受相应的重量，达到结实、不易变形、经济、美观等要求。那么，选用什么架构、什么材料、什么几何形状与尺寸，采用怎样的连接、装配与安装方式等，需要科学地设计。为了解决这些技术问题，我们应先学好结构及其设计。

微信公众号：电子课本大全

第一节　初识结构

问题思考

无论是衣帽架还是椅子或凳子，都要承受挂在或压在其上的物体产生的压力或其他力。设计时，首先要考虑它们作为结构是否能够承受这些力。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，都会遇到设计对象承受力的问题。

那么，如何使设计的衣帽架既牢固又方便使用，外形还美观？

一、结构实例展示

问题思考

生活中常见的凳子大多是什么样的？人坐在凳子上时，会给凳子施加什么样的力？在你教室所坐的凳子上感受一下。

实例 1　传统的板凳——一种经典的力学结构



图1-2　板凳

图 1-2 中的板凳都由凳面和凳腿两个基本部分组成。凳面和凳腿是怎样搭配和组合（架构）的呢？ 3 种板凳有什么不同？我们先从“怎样架构”的角度进行讨论。

板凳（a）有 4 条腿，凳腿之间略呈“八”字形态，两根横掌（chèng）分别将左端两条凳腿和右端两条凳腿连接在一起。

板凳（b）在板凳（a）的基础上去掉了两根横掌。

板凳（c）在板凳（a）的基础上加了 1 根长掌，将左端两条凳腿和右端两条凳腿之间的横掌连接在了一起。

技术探究

如果板凳（b）断了 1 条腿，或者将其 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（a）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？

微信公众号：电子课本大全

注意：3 种板凳的凳腿和凳面之间、凳腿与横掌之间、长掌和两根小横掌之间的连接，都采用了榫卯连接。

比较 3 种板凳：（b）的架构最简单，（a）的架构居中，（c）的架构最复杂也最结实。

从实例 1 可知，初识结构要把握结构的三要素，即架构、构件和连接。不同的要素，将会给结构带来不同的特性。

开眼界

榫卯结构及联想

榫卯结构采用的是在两个木构件上制作的凹凸（阴阳）体结构相互紧密结合的一种连接方式。凸出部分叫榫（或榫头），凹进部分叫卯（或榫眼、榫槽），榫和卯完全咬合，起到连接作用。中国古代建筑、家具及其他木制器械中常采用榫卯结构。榫卯结构是极为精巧的发明，榫卯结合成一体后，不但可以承受较大的荷载，而且允许产生一定的变形。榫卯结构应用于房屋建筑后，虽然每个构件都比较单薄，但是整体上却能承受巨大的外力。这种结构不在于个体的强大，而在于互相结合、互相支撑的整体的强大。

试想，要做到榫卯连接“严丝合缝”非常不容易，需要工匠高度的敬业精神和高超的技术水平来保证。

实例 2　吊车与辘轳

工厂车间里的龙门吊、工地现场的汽车吊及传统的辘轳都是吊运设备，如图 1-3 所示。


龙门吊


汽车吊


辘轳

图1-3　吊车和辘轳

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

吊车的各组成部分之间的搭配与连接采用了吊绳，辘轳也是一样。这是此类设备在构成上的一个共同点。吊车吊运工件或重物，辘轳提取井水，尽管用途、操作方式不一样，但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（如钢丝绳）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，如图 1-4 所示。

微信公众号：电子课本大全



图1-4　几种吊绳

技术探究

从“怎样装配组合”的角度，分析吊车、辘轳的搭配与连接。

实例 3　蛇皮管灯具

学习或工作时，大家都希望案头的台灯具有方便调节高度的功能。蛇皮管台灯（图 1-5）可以满足这种功能需求。只要适当地弯曲蛇皮管，就可以获得理想的光照效果。蛇皮管作为这种台灯中的一个主要部件，起到支撑灯头、灯罩的作用。如果用一根能方便弯曲的弹性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。



图1-5　蛇皮管台灯

技术探究

查找蛇皮管的构造资料，研究它为什么能停留在任何位置，还能起到支撑作用。

阅读材料

跳水赛场里的跳板

跳水赛场里，水池上方悬空伸出来的跳板上无人时，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作用，产生明显的弯曲变形（图 1-6）。跳板是悬臂梁受力变形的典型实例。



图1-6　跳板受力变形示意图

微信公众号：电子课本大全

二、结构的含义、功能与分类

前面的三个实例留下了许多问题：板凳、吊车与辘轳、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？

（一）结构的含义与功能

板凳，采用榫卯或钉子连接、凳腿之间加掌或不加掌、用 4 条腿或是 3 条腿、结实或不结实、稳定或不稳定，这些形态和性质都是由结构决定的。

结构是指组成某体系的各部分单元之间的搭配和排列（布局安排），确定的搭配和排列决定了该体系的性质和形态。结构的各组成部分，通常称为**构件**。如建筑结构是由若干构件组成，即由组成这类结构的单元连接起来而构成的能承受荷载和发挥功能的一类体系。

结构会受到各种各样的力或力矩。例如，人坐在板凳上，板凳承受了人体自身向下的压力；吊车吊起重物时，吊绳承受了沿绳长方向的拉力；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。因此，结构是可承受一定力或力矩的架构形态，抵抗变形或产生需要的变形是结构的本质。

（二）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。这说明结构是由它的功能和需要决定的，结构具有确定的性质和形态。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，结构一般有如下分类：

1. 实心结构

水库的大坝、房屋的墙体、城墙等都属于实心结构（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　　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，凳面承受压力，这个压力分解传递到4条凳腿上。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或损坏。

水库大坝属于实心结构。大坝除了受自身的重力作用之外，主要承受库内存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。因此，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

房屋的门、窗常用木框架，如图1-8所示。现在有了铁框架、塑钢框架和断桥铝框架。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，都是框架结构。



窗　　门

图1-8　框架结构实例

框架结构的几何外形多种多样，自身质量较小，能承受各种荷载，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。这里的杆，可以是实心的，也可以用管材。由于框架结构的制作较为方便，又能节省用料，在实际生产、生活中被广泛采用，如图1-9所示。



图1-9　自行车车体是多个三角形框架组合

3. 壳体结构

壳体结构是指由曲面形板与边缘构件（梁、拱或桁架）组成的空间结构。

日常使用的各式各样的水杯、水壶、文具盒、存钱罐，用钢板制成的坦克，用于太空飞行的舱体，液化石油气储罐，运油的圆柱形车载大油罐，航道标志用的浮标，等等，从架构与形态上看，都属于壳体结构（图1-10）。



图1-10　壳体结构实例

微信公众号：电子课本大全

壳体结构由于存在原始曲度，具有很好的空间传力性能，受力与结构性能不同于平板（见下面的技术探究）。壳体结构是一种强度高、省材料的结构形式，广泛应用于工程结构中。壳体的几何形状有折线式（方形、长方形、多边形）、圆弧形和拱形等。

技术探究

摩托车驾乘人员的头盔，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多面体形，受外力冲击时，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，给人类带来了发明创造的宝贵灵感！

技术探究

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，并分别填入表1-1，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		

开眼界

结构分类种种

按不同的标准，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。

微信公众号：电子课本大全

1. 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；两端有支撑点，在其中间处挂荷载，缆索呈“V”字形。第二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。又如拉索桥由缆索、塔墩和主梁组成，其中缆索固定于塔墩之上，用于吊住主梁，支撑桥面及其荷载。拉索桥桥身高度小，桥下净空大，用料较省，便于施工，如图 1-12 所示。



图1-11　缆索结构的帆船



图1-12　缆索结构的拉索桥

2. 桁架结构

桁架是一种将杆件彼此在两端通过焊接、铆接或螺栓连接而成的支撑横梁结构。大跨度建筑物的屋顶、大型桥梁等常采用桁架结构，如图 1-13 所示。

3. 网架结构

网架是板的格构化形式。3 边金字塔形和 4 边金字塔形较为普遍。许多加油站的顶棚，都采用不锈钢材料的网架结构，精美实用，如图 1-14 所示。

4. 网壳结构

网壳是壳的格构化形式，又称网穹。它有 4 面体、6 面体、8 面体、12 面体、24 面体等多种几何形状，如图 1-15 所示。



图1-13　体育馆的桁架结构



图1-14　加油站顶棚的网架结构



图1-15　某建筑的网壳结构

微信公众号：电子课本大全

技术探究

钢笔结构探秘

钢笔是一种书写工具，在很多重要场合都会使用钢笔。

探究方法：拆卸一支钢笔，探究之后再将其装配好。

探究内容：

（1）钢笔作为一个完整结构，它由几个构件构成？各构件的功用是什么？

（2）各构件之间是如何连接的？连接可靠性好吗？

（3）笔尖为什么用金属制成？钢笔墨囊为什么用橡胶制成？

（4）钢笔水为什么能从墨囊内源源不断地流至钢笔尖而保证书写流畅？从结构上采取了什么关键措施？

探究方式：分组进行，人人动手且动脑；各小组写出探究记录，全班交流。

重点问题：作为探秘，秘的关键部位在哪？作为结构设计其匠心何在？

提示：仔细观察钢笔尖及其下面的笔舌。

技术实践

衣帽架的种类多种多样。请用《技术与设计 1》中学过的知识和技能分小组为班级设计衣帽架，画出设计草图，并说说每组设计的衣帽架属于什么结构类型。

第二节　典型结构分析

问题思考

衣帽架悬挂衣帽需要承受一定的力，不同结构类型的衣帽架承受的力可能有所不同。你认为衣帽架主要承受哪些力？

不同的结构，能承受不同的力，抵抗不同的变形。结构如何承受力？如何抵抗变形？

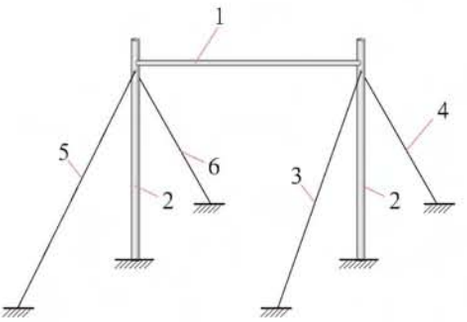
微信公众号：电子课本大全

一、单杠结构分析

（一）单杠的结构

单杠是常见的体育器械，结构并不复杂，如图 1-16 所示。

单杠的构件有杠体、立柱和拉杆。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。



1.杠体　2.立柱　3～6.拉杆

图1-16　单杠结构示意图

问题思考

构件可由不同材料构成。图 1-16 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组合？

阅读材料

拉伸、压缩与弯曲

构件受到外力 F 作用时，会发生形状或大小的改变，这种改变常称为**变形**。变形有的明显，有的不明显。

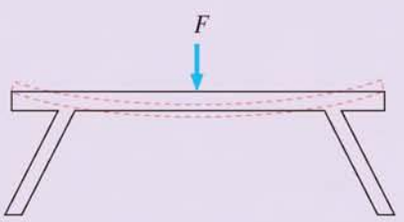


图1-17　长条板凳凳面变形示意图

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**；板凳腿承受的外力是压力，压力所产生的变形为**压缩**。拉伸和压缩都是荷载作用的结果。

当杆件受到与杆轴线相垂直的外力作用时，杆件产生的变形为**弯曲**。发生弯曲变形的杆件，称作**梁**。

当板凳很长时，凳面可视为梁。此时凳面在人的体重（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 1-17 和图 1-18 所示。

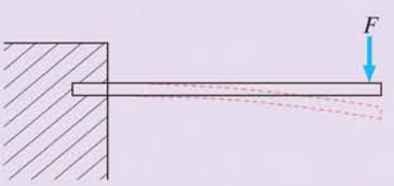


图1-18　跳板弯曲变形示意图

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？

微信公众号：电子课本大全

（二）杠体的受力与变形

当杆件受到垂直于杆件轴线的外力（通常称为横向力）作用时，杆件将发生弯曲变形。弯曲变形的特点是杆件轴线由直线变成曲线，变形杆件绕杆件原轴线做相对转动。

单杠的杠体作为一种结构的基本构件，其工作状态不完全与跳板相同。单杠可视为一种具有双支撑点的梁，而跳板是只有单支撑点的梁（悬臂梁）。两者的支撑情况有别，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，即回转运动产生的离心力，使得杠体发生弯曲变形。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。

（三）立柱、拉杆的受力与变形

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

如图 1-19 所示，立柱的底部埋在地下，其主要作用是防止立柱的底部发生位移，在 4 根张紧的拉杆作用下，使单杠整体保持着稳定性。当人体位于单杠前侧时，后侧拉杆张力增加以平衡运动员通过杠体传递到立柱的水平向右的分力；反之，当人体位于单杠后侧时，前侧拉杆张力增加以平衡运动员通过杠体传递到立柱的水平向左的分力。因此两根立柱以承受压力为主，主要变形为压缩变形；而拉杆始终处于张紧状态，主要变形为拉伸变形。

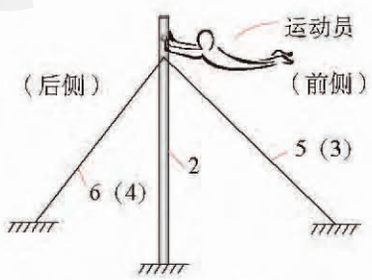


图1-19　单杠侧视图

二、棚室屋架结构分析

日光温室和塑料棚，在现代农业生产中被广泛采用，利用温室育花也屡见不鲜。因此，需要因地制宜地设计和建造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？

（一）棚室荷载与立柱受力

棚室屋面下边的梁、立柱和墙，共同承受着屋顶部的荷载。这里的荷载有**静载**与**动载**之分。

对于立柱和墙来说，静载包括屋面、梁（有时还有檩）的重量，属于不随时间变化的**永久性荷载**；动载包括雪载、风载等，属于随天气情况变化的**可变性荷载**。

荷载给立柱和墙主要施加压力。这里的压力，由永久性荷



图1-20　立柱受压力示意图

微信公众号：电子课本大全

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_1' 为立柱基础作用于立柱的反作用力。

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_1 为沿立柱轴线方向的作用力（压力），F_2 为垂直立柱轴线方向的作用力。图中 M' 、F_1' 、F_2' 为立柱基础作用于立柱的弯矩与反作用力。

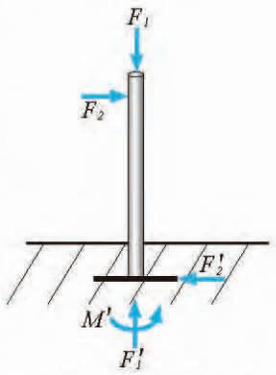


图1-21 立柱受力示意图

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。

（二）梁的受力

荷载作用传到梁上，梁受力变形，如图 1-22 所示。

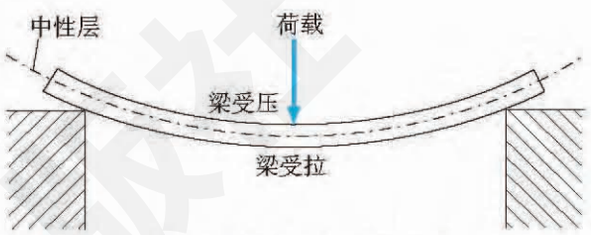


图1-22 梁受力变形示意图

图中，在荷载作用下，梁的上部轴向受压，下部轴向受拉。在上部和下部之间必有一层既不受拉也不受压，称为中性层。

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。

（三）拱结构的应用

棚室一般多采用拱结构。**拱结构**，即中间高四周低，呈弧形曲面的一种结构。拱结构对承受荷载有利。荷载压力作用于拱上，拱把力传到其四周的支撑上。如雪载，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。

多注意观察，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。

三、钢箱梁桥结构分析

生活中存在各种梁的应用实例，特别是在桥梁工程和建筑工程中，普遍采用梁理论进行结构分析和设计。**钢箱梁**，又叫钢板箱形梁，是桥梁工程中梁的一种，内部为空心状，由顶板、底板、腹板和加劲肋等构件组成，外形像一个箱子，是大跨径桥梁常用的结构型式，具有质量小、节省钢材、抗弯和抗扭刚度大、安装迅速、外形简洁美观等特点。

钢箱梁桥结构是怎样受力的呢？

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

港珠澳大桥的主梁结构

港珠澳大桥跨越珠江口伶仃洋海域，是连接香港、广东珠海、澳门的超级跨海通道。

其中，青州航道桥的设计是港珠澳大桥最具特色的部分，它为双塔空间双索面钢箱梁斜拉桥，主梁采用扁平流线型整体式钢箱梁，索塔采用横向H形框架结构，163 m的塔上端采用具有传统民族文化元素的“中国结”造型钢结构，寓意团圆回归、三地同心，如图1-23所示。

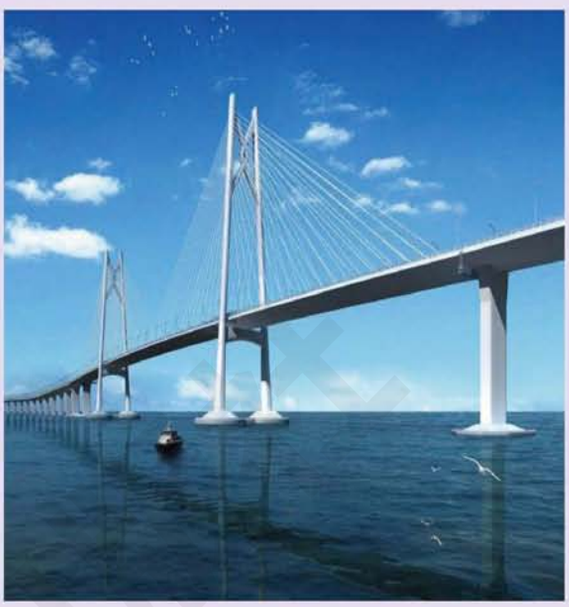


图1-23　港珠澳大桥的青州航道桥

（一）荷载类型

港珠澳大桥青州航道桥的首要功能是承载它所输运的交通荷载，支撑其自身的重量及其上的附属设施（如路灯、管线等），还必须能抵御风、雨、温度变化及地震的作用。大桥的荷载包括竖向荷载和横向荷载，如图1-24所示。

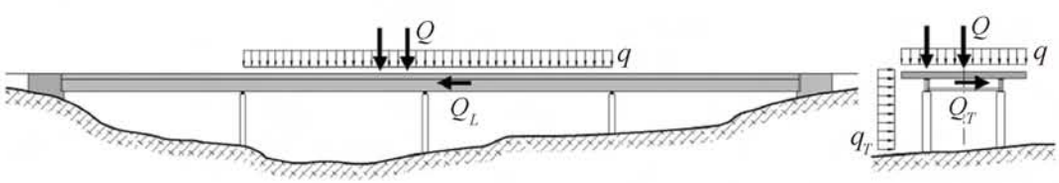


图1-24　桥梁的荷载类型

（1）竖向作用，q代表分布荷载（如桥体的自重），Q代表集中荷载（如交通荷载）。

（2）横向作用，q_T代表分布荷载（如风荷载），Q_T代表集中荷载（如地震作用的效果）。

（3）纵向水平作用Q_L，如地震作用或交通流制动或加速导致的效果。

桥梁通过结构型式承担和传递水平与竖向荷载，桥梁结构不是二维平面结构，而是三维的空间结构，因此在荷载的作用下它表现出三维效应。在桥梁的设计过程中，工程师通

微信公众号：电子课本大全

常将三维结构划分为多个平面系统，这样的简化对于许多桥梁结构型式是合理的。

结构必须能够承受上述三类作用。

（二）纵向结构型式

港珠澳大桥青州航道桥为钢箱梁斜拉桥，跨距 110 m+236 m+458 m+236 m+110 m，桥梁纵向结构（桥型布置）如图 1–25 所示。桥面板通过缆索悬挂，而缆索以拉力的形式传递荷载，斜拉索将荷载传递给桥塔，为桥面板提供了弹性支撑，如图 1–26 所示。

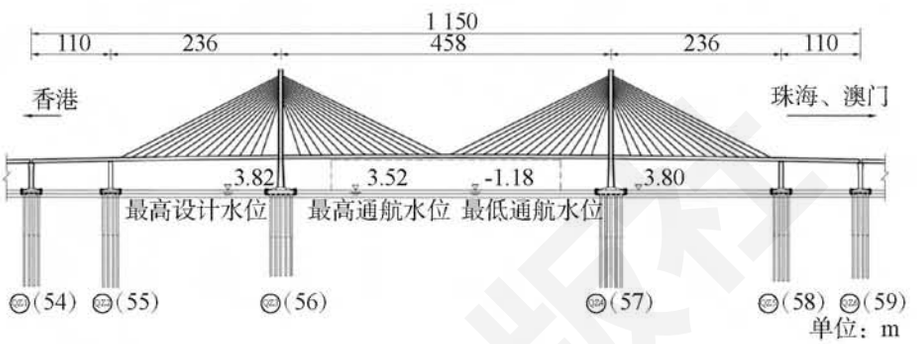


图1–25　青州航道桥桥型布置示意图

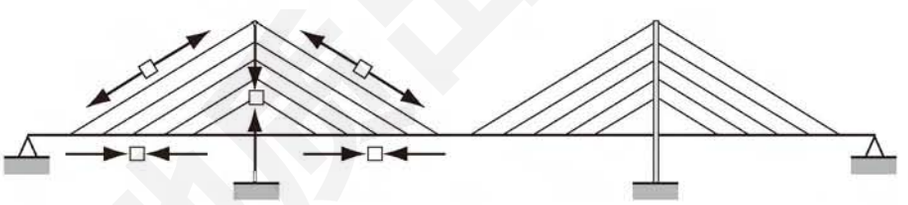


图1–26　缆索支撑示意图

（三）横向结构型式

港珠澳大桥青州航道桥主梁采用扁平钢箱梁结构，横截端面为带凤嘴扁平六边流线型，如图 1–27 所示，箱室内不设中间腹板，顶板和底板采用 U 形纵肋加强，具有抗扭和抗弯惯矩大、抗风能力强等特点。

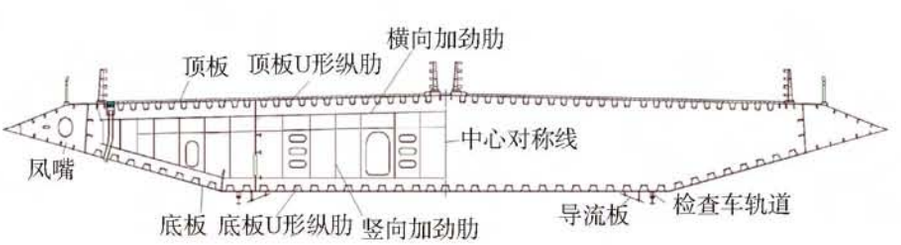


图1–27　青州航道桥主梁横断面示意图

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

几种常见结构的受力情况

单杠和棚室屋架，其结构所承受的外力主要有拉力、压力及使单杠杠体发生弯曲变形的力。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、压力及使其发生弯曲变形的力之外，还承受因荷载分布不均匀、不对称而产生的**扭矩**。

又如，梯子的横梁，除了承受压力及使其发生弯曲变形的力之外，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。

技术探究

查阅相关资料，收集几种结构承受不同外力的例子。

开眼界

梁、拱受力的简单图示

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，如图 1-28 和图 1-29 所示。在第三节中，将阐释应力的重要概念。



图1-28　直杆在拉伸或压缩时的应力



图1-29　梁的变形与应力表示

梁受力后，一部分纤维受压力而缩短，另一部分纤维受拉力而伸长。两部分之间有一层纤维既不缩短也不伸长，这层长度不变的纤维层称为**中性层**（图 1-29）。

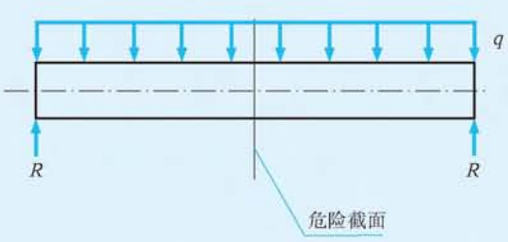


图1-30　梁的危险截面

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 1-30）。

梁的变形与梁的长度有关。在相同荷载作用下，梁越长，梁的变形越大（图 1-31）。

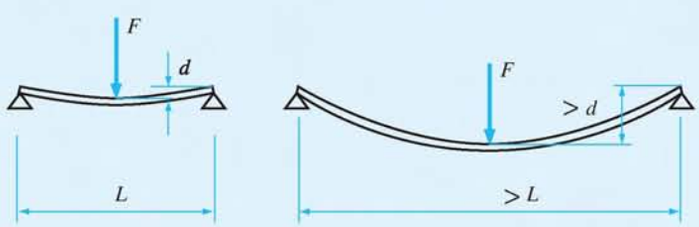


图1-31　梁的变形与长度的关系

微信公众号：电子课本大全

梁横截面上的应力与梁的变形还与其横截面的几何形状有关，因此，若要提高梁抵抗破坏的能力和抵抗变形的能力，尽量将材料加在梁的高度上（即远离中性层的位置），这样会比加在宽度上更有效（图 1-32）。

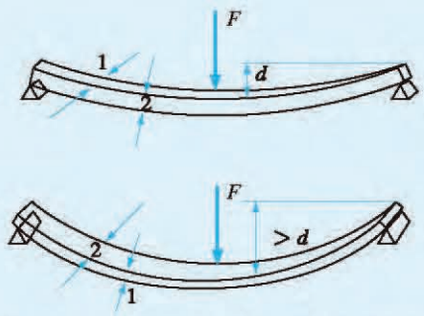


图1-32 梁的变形量和梁的高度及宽度的关系

另外，梁的强度也与梁的材料有关。如低碳钢、铝合金、铜等塑性材料抗拉能力与抗压能力基本相同，适合做梁，但成本高、变形大。而混凝土、石材、铸铁等脆性材料，变形小，但往往抗压能力远大于抗拉能力。土木工程中常用混凝土做梁，为避免受拉部分断裂，要在受拉一侧加上钢筋以承受拉力（图 1-33）。

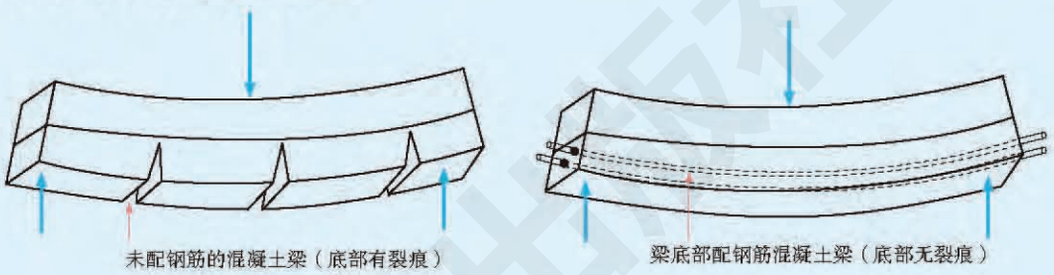
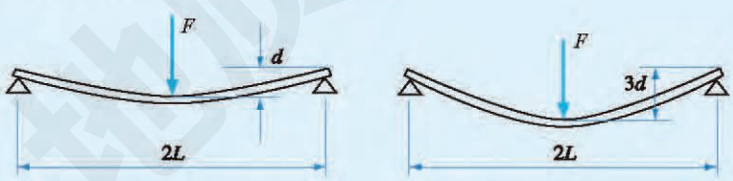


图1-33 拉力加强材示意图

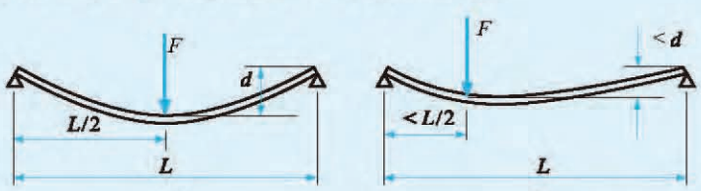
梁的变形和材料的弹性有关（图 1-34）。



(a)钢梁 (b)铝梁

图1-34 不同材质梁的变形

荷载越靠近梁的中央，变形量越大（图 1-35）。



(a) (b)

图1-35 荷载位置与梁变形量的关系

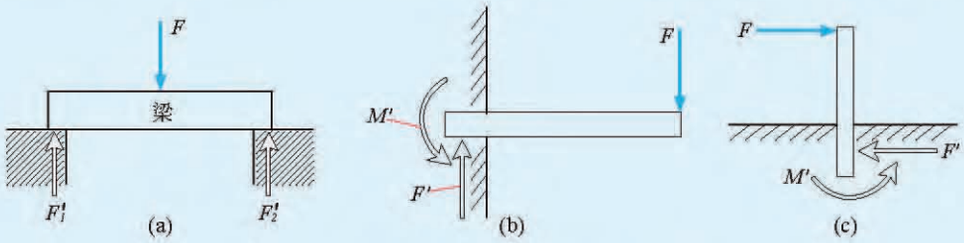
2. 梁的受力与平衡

梁在外力作用下保持静止的状态称为平衡，其必须满足如下条件：

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

微信公众号：电子课本大全

上式称为平衡条件或平衡方程，式中 x、y、z 为三维坐标轴（图 1-36）。



F 表示外作用，F'、M' 表示约束作用

图1-36　梁的受力与平衡

3. 拱的受力

静载，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（图 1-37、图 1-38、图 1-39）。

拱是一种曲线形的结构。拱在竖向荷载作用下，端点受到水平方向的约束反力，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。拱的结构示意图如图 1-40 所示。

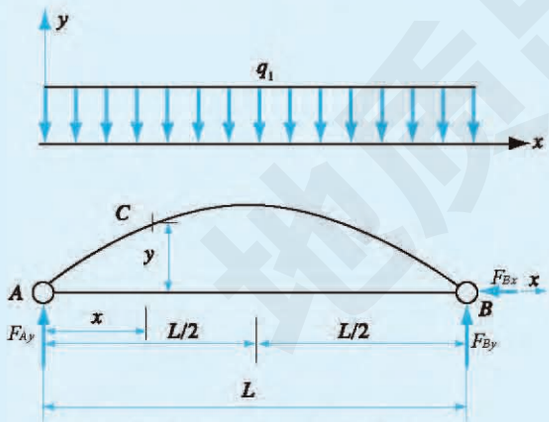


图1-37　静载+全雪载受力示意图

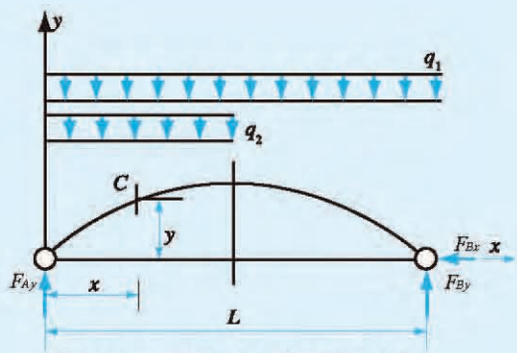


图1-38　静载+半雪载受力示意图

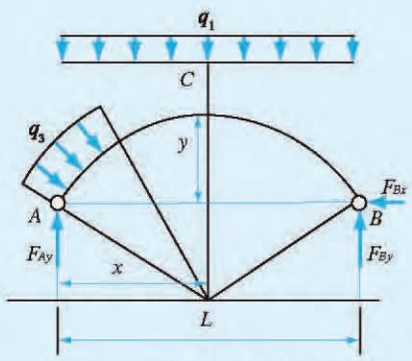


图1-39　静载+风载受力示意图

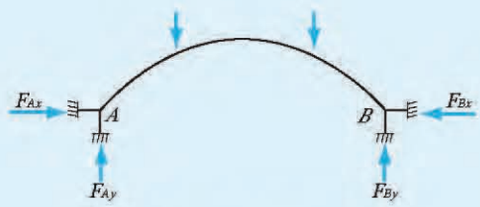


图1-40　拱的结构示意图

微信公众号：电子课本大全

拱的结构型式有三种：三铰拱、两铰拱和无铰拱，如图 1-41 所示。

一般大棚采用的是两铰拱。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，如天安门城楼的拱门、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？

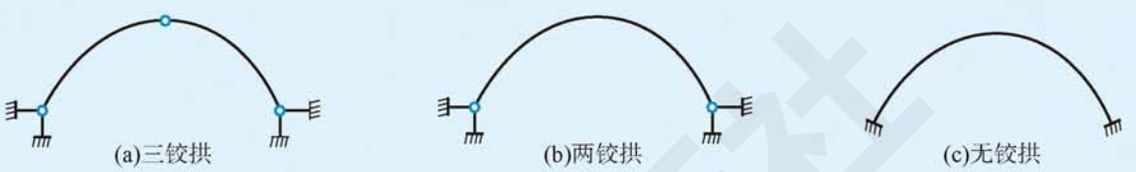


图1-41　拱的结构型式

创客坊

关于基本构件、拱的探究

（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？

（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，你可以去图书馆或通过互联网查找有关资料，并进行实物观察。

微信公众号：电子课本大全

第三节　结构的强度与稳定性

问题思考

衣帽架要能悬挂宿舍全体同学的衣物，一定要结实，如果是立式衣帽架还要保证悬挂衣物后稳定不倒，怎样设计才能使衣帽架既结实又稳定呢？

一、结构技术试验及其过程评价

（一）问题的提出：怎样理解“结实”和“稳”

我们或许亲自经历过或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：这里强调的是两个词语，即“结实”和“稳”（也叫“稳定”）。结实或不结实，稳定或不稳定，都是对某物体结构的某方面性能的一种形容、一种描述、一种评价。

（二）尝试结构技术试验

技术试验是一项既要动脑又要动手的活动，是学习通用技术课程的重要环节与手段。为了方便试验的进行，本次结构技术试验将分为 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。

技术试验的总体要求：

（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（报告的要求见后面）。

（5）切实做好安全防范。

技术探究

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：自制纸绳多根，砝码 1 套（或弹簧秤 1 个）。

纸绳的参考做法：把旧报纸裁成等宽的长纸条多条；将每个纸条卷成细长小

微信公众号：电子课本大全

纸卷，卷紧；用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）将纸绳一端固定悬挂，另一端用于加砝码（或将弹簧秤的一端固定，另一端留作固定纸绳用）。

（2）加砝码（或取一根纸绳，一端绑定于秤上，另一端用手拉），观察并记录纸绳变形与受力的情况，直到将纸绳拉断。

（3）取两根纸绳并放到一起，重复步骤（2）。

（4）逐渐增加纸绳数量，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）整理试验记录，小组讨论，提出此次试验的几点结论性看法。

（7）撰写试验报告。

附：试验记录表格参考格式（表 1–2）。

表1–2　简易拉伸试验记录表

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，在木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）取一条窄木板条，用胶水和小铁钉将其紧固于宽木板条的中央（图 1–42）。重复步骤（1）。



图1–42　宽木板条加窄木板条示意图

（3）逐渐叠加窄木板条，重复步骤（2）。

（4）整理试验记录（可参照表 1–2，自行设计记录表），讨论，得出结论。

（5）撰写试验报告。

注意：操作时要注意安全。

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；螺栓、螺母 4 副。

试验步骤：

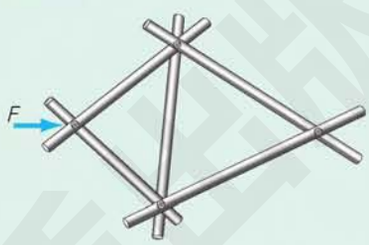
（1）取 3 根杆件，用螺栓将它们连接成一个三角形框架，再用螺母固紧，如图 1–43（a）所示。在任一结点上施加外作用力 F，观察并体验框架的受力与变形情况。

（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 1–44 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。

（3）在四边形框架的基础上，另取一根杆件加入，改组成有一条公共边的双三角形框架，如图 1–43（b）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。



（a）单三角形框架



（b）双三角形框架

图1–43　三角形框架

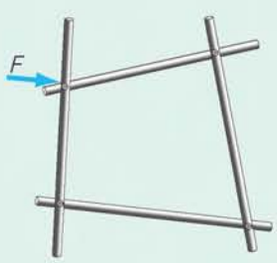


图1–44　四边形框架

（4）整理试验记录（同样参照表 1–2 自行设计记录表），撰写试验报告，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表达，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。

1. 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。

2. 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。

注意：结论要客观，而讨论要强调自主性。对试验的某一过程、某一现象、

微信公众号：电子课本大全

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。



（三）技术试验过程的评价

技术试验评价的任务是对试验数据和资料进行整理和分析，根据不同的要求和标准，对被试验的对象进行综合评价。试验评价的方法很多，其中最重要的就是试验数据处理、分析方法和综合评价方法。

试验数据处理和分析方法，是对大量的观测数据进行整理，从而获得试验因素、条件与性能指标间的规律性认识。为达到此目的，需要运用专门的处理和分析试验数据的数学方法。常用的方法有极差分析法、图解法、回归分析法、方差分析法等，应用这些数学方法对试验数据进行分析和计算，得到试验结果。

综合评价方法是在试验数据整理分析的基础上，综合社会、经济和人的因素来分析考查的方法。具体实施有多种不同的形式，最基本的是检查表法，即将试验所获得的数据与以往试验所获得的相应数据和该次试验设计的技术数据列表对应检查，做出优劣评价。

前面的三项试验，前两项为破坏性试验，分别研究结构的抗拉伸与抗弯曲性能，最后一项研究框架结构的受力变形性能。如何评价这些技术试验过程，可参照表 1-3 进行。

表1-3　结构技术试验过程评价

试验 1——简易拉伸试验						
评价内容	观察并记录试验件受力与变形情况			试验报告情况		
评价方式	自评	互评	师评	自评	互评	师评
等级评价	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差
文字评价						
总评						

说明：评价表中的自评、互评和师评，在等级评价时，从结论优、良、中、差四档中各选其一，画“√”，并且要说明（可用口头表达）依据是什么。以后各章做评价时，都要说明评价依据。

微信公众号：电子课本大全

试验 2、试验 3 的过程评价，可参照表 1-3 进行。

技术学科课程的学习，提倡并践行实践学习的方式。经过上面的技术试验及其过程评价的实践学习，一定会获得很多体验与感悟！请将它们补写到试验报告中，以利于本课程后续内容的深入学习。

二、应力与强度

（一）技术试验后的回顾与思考

前几项技术试验，让我们都思考了哪些问题？

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。

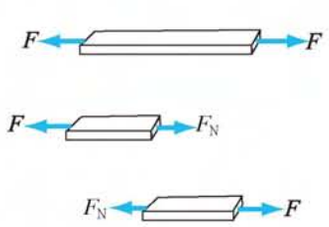
其次，对于结构变形，只用“结实”或“不结实”来评说是含糊的、不确切的。对于结构的受力与变形以及有关影响因素，应该有更科学的描述。

问题思考

在试验 1——简易拉伸试验中，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，粗的没被拉断。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？

（二）应力、强度

构件在外力作用下发生变形的同时，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 1-45）。内力，是用来抵抗外力与变形，并力图使变形部分复原的力。



图中：F为外力，F_N为内力

图1-45　内力与外力的关系

作用在单位面积上的内力，称为**应力**。对于图 1-45 的受力构件来说，应力可用下式表示

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

式中，F_N 为内力；S 为构件截面积。应力的计量单位为 N/m^2，工程中称为 Pa。

通常，物体结构抵抗破坏的能力，用**强度**来表述；而用应力来衡量强度，既科学又确切。

如在试验 1——简易拉伸试验中，粗绳与细绳相比，前者受力面积大，即承受的应力小。应力小，变形也就小，也就是抗变形能力大。换句话说，粗绳抗拉（力）强度大。

微信公众号：电子课本大全

技术探究

物体的形状与强度

器材：一条布带子（如旧书包背带）。

做法：

（1）在布带子两端施加拉力，感受并观察其抗变形的情况。

（2）在带子一侧剪出一个缺口，重复做法（1）。

（3）用剪刀将带子的缺口加大，重复做法（1），直至带子被破坏。

（4）讨论：用应力概念解释试验现象及结果。

三、影响结构强度的因素

材料 1

图 1-46 所示是一种木制花展架的一段。花展架的上、下板之间也是用木料加工制成的杆状支柱。这种外形多变的杆状支柱有赏心悦目的效果。



图1-46　花展架示意图

回答问题

（1）图 1-46 中的杆状支柱，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状支柱的承受能力，杆状支柱会发生什么样的变形？

（3）如果在杆状支柱的垂直方向上施加较大外冲击力 F，杆状支柱的哪个地方易产生变形甚至断裂？

材料 2

将图 1-46 中的木质杆件换成形状相同、尺寸相同的铁制品，花展架将能承受更大的荷载。

回答问题

（4）相同形状、相同尺寸的花展架，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

桥梁属于建筑的一大门类。最简单最原始的桥梁要数独木桥了。赵州桥是闻名遐迩的世界经典之作。现在许许多多的现代化大桥屹立于长江等内河之上。

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？

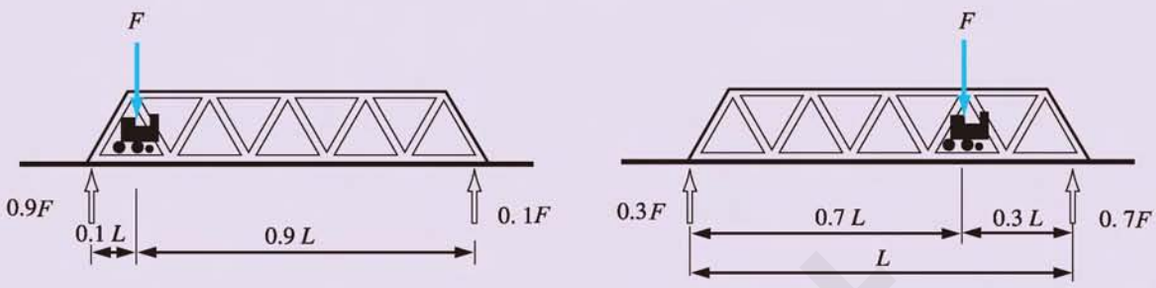
（9）桁架桥靠什么提高桥的强度？

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

图 1-47 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。



图中：空心箭头表示支撑作用于桥的反力

图1-47　桁架桥结构示意图

影响结构强度的因素

通过结构典型案例分析和试验 1——简易拉伸试验与试验 2——简易弯曲试验，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：

（1）形状。构成的形状略有改变，强度就会改变。

（2）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。

（3）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、自由的运动。

《技术与设计 1》第五章中，曾就产品装配后的时效性与可动性简单介绍了 3 种连接方式。实际上，连接方式多种多样。从实现连接的形态来看，力学结构常见的连接方式如表 1-4 所示。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 1-5 所示。

表1-4　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、榫卯连接	固连，不需再拆卸，利于增加强度与稳定性	榫卯连接（见“传统的板凳”）

微信公众号：电子课本大全

续表

连接方式	常见的技术与方法	作用、特点	个例
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，传递信号可靠	单杠的拉杆与立柱间的钩与环、电路接插件

表1-5　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。

讨论交流

与同学交流并试着填写表1－6。

表1-6　影响结构强度的因素

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

四、结构稳定性

（一）结构稳定 / 不稳定的几种情况

（1）不倒翁是一种常见结构。不论从什么方向去推它，它的身体虽发生一时性倾斜，但摇晃几下终能恢复原态。如果将不倒翁倒立，那么倒立的不倒翁一定会很容易翻倒而仍能恢复至原态。

（2）常见的椅、凳均用 4 条腿来支撑。如果将其 4 条腿往中间聚拢，或去掉其中一条腿而由另 3 条腿支撑，则必易倾倒而不易维持原态。

（3）金字塔、宝塔、江河堤坝等从横截面看都具有上小下大的特点，整体外形近于“A”字形。它们经得起长时间考验而屹立。如果将其倒过来，即变成“∀”形结构，则无法做到常立不损。

问题思考

江河堤坝的横截面都是上窄下宽的梯形形状。想一想，为什么将堤坝建成这样的结构呢？

（二）结构稳定的概念

如果结构能传递（或承受）任意形式的荷载，则称为稳定结构，此时它的任何组成部分既不会成为一个可变机构，整体也不会产生刚体位移。

稳定性和强度一样，都是物体结构的重要性质。比如，某棚室结构建成后，其虽能承载，强度满足要求，但在受干扰作用后会发生倾斜移动，则表明该结构稳定性不能满足要求。又如，若单杠的立柱埋入地下部分不牢固，致使对杠体支撑不稳，使用时会摇晃甚至翻倒，则其稳定性达不到要求。

五、影响结构稳定性的因素及应用

（一）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，可以得出影响结构稳定性的因素，主要有以下几方面。

1. 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。

不倒翁之所以稳定，就是因为它的重心设置得很低，在它的纵向长度的一半以下。

如图 1-5 所示的台灯，由于其底座的质量设置得相当大，使其整体结构的重心很低，因而其稳定性好。

微信公众号：电子课本大全

2. 结构的支撑面积

支撑面积大的结构，稳定性好。

如椅、凳的 4 条腿所围成的支撑面积（长方形）大，稳定性好。变为 3 条腿后，其支撑面积（三角形）随之减小，则板凳的稳定性也随之变差。

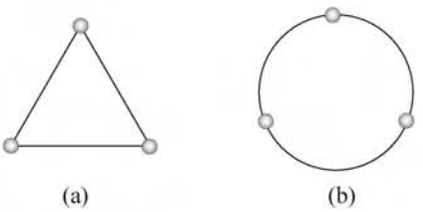


图1-48　三角形支撑面和圆形支撑面示意图

又如图 1-48 所示，图（a）表示结构的底部由三点围成的三角形面支撑，而图（b）表示结构的底部由同样距离的三点所在的圆形成的圆形面支撑，图（a）支撑面的面积明显小于图（b）支撑面的面积，所以图（b）的面支撑的结构稳定性相对较好。

3. 结构的几何形状

上端小、下端大的结构，稳定性好。

技术探究

连接不牢会影响结构的稳定性

板凳在荷载作用下，凳面、凳体均未损坏，只是由于构件间连接不牢（如榫卯松动），凳体产生倾斜而不能维持原有整体形态，出现结构不稳定现象，如图 1-49 所示。

房屋建筑中，楼层与楼层之间的隔板曾有用预制件搭在墙体上的做法。这种建筑在地震情况下容易坍塌。为什么这种建筑结构抗震性能差？



图1-49　因连接不牢而产生的不稳定现象

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几点。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。

（二）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

微信公众号：电子课本大全

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技术思想和方法。

（1）减小长细比。长细比，指的是结构的纵向有效长度与横向截面的最小几何尺寸之比。如果是杆件，长细比越大，越易失稳。长细形杆件变形的主要情形如图 1-50 所示。因此，正确处理杆件的长细比和选用材料十分重要。



图1-50　长细形杆件变形示意图

（2）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。本章第三节中的试验 3——简易组态试验，就是一个很好的例子。另外，自行车车体（图 1-9）不也是一种巧妙的结构吗？

问题思考

上面的增加结构稳定性的做法，是从什么角度（影响因素）去考虑问题的？你还有没有其他构想？

阅读材料

两类框架及其稳定性

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，它的四周都设有墙壁，才限制其产生变形。

框架与稳定性的部分图示

1. 三角形框架

三角形框架很稳定，如图 1-51、图 1-52 所示，在外干扰力作用下，它的形状不会改变。

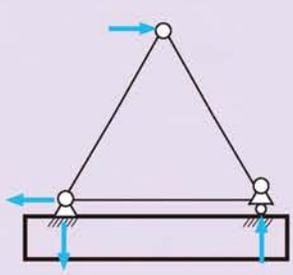


图1-51　三角形框架的稳定性示意图之一

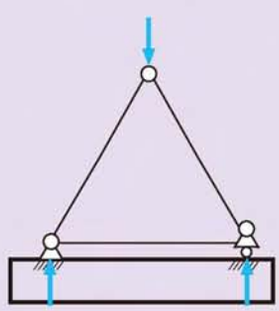


图1-52　三角形框架的稳定性示意图之二

微信公众号：电子课本大全

2. 四边形框架

如图 1–53 所示：

(a) 四边形框架用铰接便无法稳定。

(b) 中间加上斜掌即可提供单向的稳定性（当此斜掌承受拉力时）。

(c) 当斜掌采用不耐挤压材料时，在图示荷载下对应不稳定。

(d) 加上另一根斜掌可提供双向的稳定性。

(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。

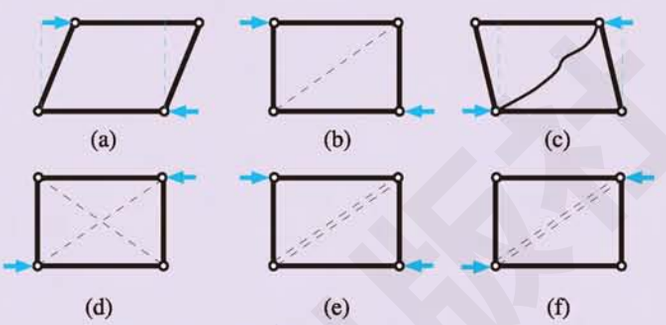


图1–53　四边形框架的不稳定性示意图

3. 刚性框架

如图 1–54 所示：

顶端的刚性节点形成有如板面的刚性构造，刚性节点可有足够的刚度（此时框架的内力作用有如稳定的三角形）。

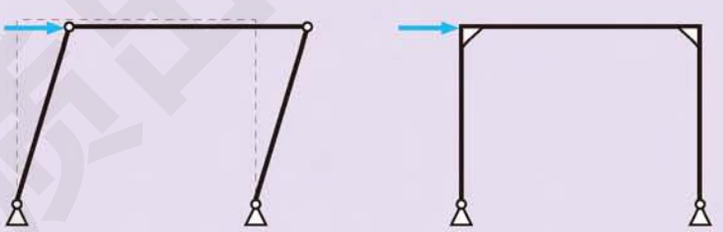


图1–54　非刚性框架的不稳定与刚性框架的侧向稳定

从基础伸出的类似悬臂的柱子，其稳定的原理就是它有刚性接头，如图 1–55 所示。这样的构造很常见。

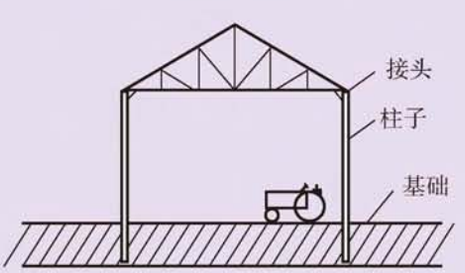


图1–55　刚性构架的应用示意图

技术探究

在学习了上述三节之后，针对图 1–56 中的 4 种凳子，参照第一节实例 1 中的分析讨论和第三节的论述，着重对这几种结构的强度与稳定性展开深入的技术探究。

微信公众号：电子课本大全

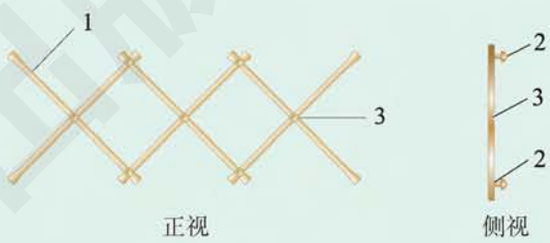


图1-56　几种凳子

凳子是一种经典的力学结构实例。通过对比几种凳子的架构形态、构件材料与尺寸、连接方式等对结构的强度与稳定性产生的不同影响，深刻理解、牢固把握结构是为了承受力和抵抗变形的技术本质。

技术实践

（1）某小组同学设计了如图 1-57 所示的壁挂式简易衣帽架，由 4 根或 6 根杆件构成。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，只由几根杆件构成，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。



1. 杆件　2. 横桩　3. 孔与固定螺钉

图1-57　某小组设计的壁挂式简易衣帽架

1）试问从强度角度看，它的最薄弱处在哪里？请帮该小组同学提出增强强度的措施（如改变材质等），并改进设计。

2）同学们已为图 1-57 所示的衣帽架提高了强度方面的设计，那么这种结构稳定吗？这种衣帽架有什么缺点？应采用什么形状的杆件？请继续帮其改进设计方案。

（2）请各小组对自己设计的衣帽架从结构的强度、稳定性等方面进行技术分析，如所用材料、连接方式等，并改进自己的设计方案，使衣帽架更加“结实”和“稳”。

微信公众号：电子课本大全

第四节　结构设计与制作

阅读材料

长信宫灯：国宝级结构设计之精品

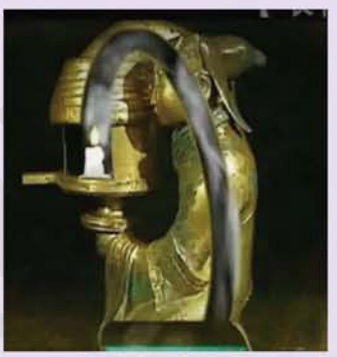
西汉的长信宫灯，工艺精美绝伦，为巅峰之作，如图 1-58 所示。



（a）全貌图



（b）正面挡板图



（c）烟道透视图

图1-58　长信宫灯

在我国的灯具文化中，长信宫灯为什么拥有这样的极高评价？

长信宫灯的正面设有活动挡板，可以利用挡板调节灯光的方向。

长信宫灯的上方设有烟道（由宫女的一只衣袖与躯体自然组成），灯内点燃的油脂产生的烟尘经烟道消散吸附，成功地解决了室内空气被污染的问题！

长信宫灯的特色功效是结构设计的成果！该成果体现的创新与匠心正是需要我们学习与传承的精神！

你还有哪些启示？

一、壁挂式简易衣帽架原型制作

我们以前面某小组设计的图 1-57 所示的壁挂式简易衣帽架的初步方案为基础进行优化设计并制作。

（一）确定设计方案

（1）根据使用的需求，如宿舍同学需悬挂的衣帽数量等，来确定杆件的数量。

（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，在前面对衣帽架所做的强度和稳定性优化的基础上，做进一步的改进，确定方案。

微信公众号：电子课本大全

（二）完成设计制作

（1）绘制正规图纸。

（2）制作原型。

技术实践

各小组对自己设计的衣帽架进行优化并制作出来。

怎样才能将原型制作好？需要满足两方面的必要条件：

一是保证达到设计标准，如设计方案中描述的杆件和小横桩的数量、材料、尺寸等。

二是保证拥有良好的特性，如承载的强度与稳定性等。

阅读材料

学技术要传承大国工匠精神

学技术，要做到勤奋刻苦，精益求精，要学会运用技术思想和方法，要有敏锐的工程思维和较强的创造能力，要“坚定理想信念、练就过硬本领、勇于创新创造、矢志艰苦奋斗、锤炼高尚品格”，要传承大国工匠精神，做到“唯精唯一”，即用功精深，用心专一。只有这样，才能创造出精致、精湛、精美的作品。

中国是一个“工匠大国”，如木匠的“祖师爷”鲁班、春秋末期铸剑鼻祖欧冶子、隋代造桥匠师李春、魏晋时期地图学家裴秀等，都是我国古代著名工匠代表人物。北京故宫之所以能成为世界上最精美的建筑之一，是因为它集纳了当时“百工工艺”和“百工之匠”的高明智慧。近年来，我国自主创新“成绩单”更是令世人瞩目，中国高铁、国产大飞机、天宫二号、超级计算机、量子卫星、FAST射电望远镜（图1-59）……都是新时代大国工匠精神的结晶。



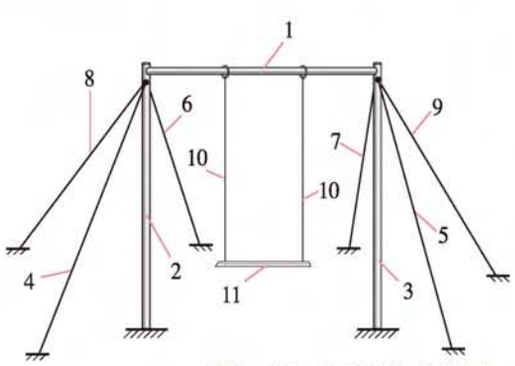
图1-59　FAST射电望远镜

二、秋千模型结构设计

（一）评价一个参考设计方案

参考设计方案如图1-60所示。

◆考虑下面的问题（1）和（2），再小组讨论，指出参考设计方案的优缺点，填入表1-7。



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

图1-60　秋千设计参考图

微信公众号：电子课本大全

（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异同？

表1-7 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		

◆考虑下面的问题（3）和（4），归纳改进点，画出结构设计草图。

（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？

◆考虑下面的问题（5）~（7），为应用本结构设计做准备。

（5）立柱埋入地下的部分，用什么样的几何形状好？埋多深？论述其依据。
（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？

（二）秋千结构设计与模型制作

（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。

秋千各构件的材料，应视构件的功能需求来选择。如横梁、立柱，可用木质的，也可用铁质的。设计时，应就强度、稳定性、经济性、耐久性等，对不同材料做出对比，综合考虑确定。

（2）绘制正规设计图纸。

（3）制作模型。

微信公众号：电子课本大全

技术探究

地震对建筑物的破坏

说在前面：

地震是一种多发的自然灾害，往往会给建筑物带来严重的破坏。本模拟实践试图从力学结构的角度，探究地震是怎样对建筑物产生破坏的。

本模拟实践活动，请同学们特别关注并做好“模拟操作”与“评价分析”两个环节，努力提高我们的技术素养。

活动准备：

一块平板（木板或其他材质的平板均可），用来模拟地球表面（假设地球某局部表面为平面）；积木块若干，用来模拟砌墙的材料；快干胶水，用来模拟砌墙的黏合剂。

模拟操作：

（1）将平板置于桌面上。

（2）用积木块在平板上面模拟砌墙。底层可用 10 块或更多块连放；从第二层起，积木块与下层错开放置；如此，可砌至多层，如 3 层、8 层、10 多层、20 多层、30 多层……

（3）将平板在桌面上做小幅低频震荡（模拟弱震），再小幅高频震荡，再大幅高频震荡（模拟强震）……

所谓小幅或大幅、低频或高频，均为相对而言，不必拘泥。

（4）仔细观察模拟墙发生的从细微变形到坍塌的情形，将其记录下来。

（5）重新砌墙，重复步骤（2）~（4），只是每砌一块和增砌一层时，都要在结合面上抹上快干胶水，并让其充分黏合。

评价分析：

（1）讨论分析过程中，需要注意的是：

1）紧密联系所观察到的模拟墙发生的变形→坍塌的全过程。

2）紧密联系前面学习过的“结构案例分析方法”和“结构强度与稳定性理论”，试用技术思想与语言来提高交流质量。

3）每人都要发言，这是一个培养与提高技术素养的好机会。

（2）讨论分析过程中，需参考的部分问题是：

1）建筑物结构被地震破坏主要是因“强度”不好被破坏，还是因“稳定性”不好被破坏，还是……

2）台风对建筑物也会有破坏。那么，究其破坏成因，地震与台风有何异同？

说在后面：

通过这样的简易模拟实践活动，包括实时操作→观察现象→讨论交流，你有哪些收获？对结构技术增长了哪些认知？

总结一下，建议用恰当的方式记录下来。

微信公众号：电子课本大全

第五节　典型结构欣赏和结构设计评价

在历史的长河中，劳动人民留下了无数叹为观止的经典建筑，这些建筑因结构设计精湛而被世人赞叹。如故宫博物院是世界上现存规模最大、保存最完整的木质结构古建筑之一，作为中国古代宫廷建筑的精华，被列入世界文化遗产名录。感悟经典结构，体会其中蕴含的技术之美，品味厚重的文化积淀，可以帮我们进一步理解结构的精髓，扩展自己的设计思维。

一、典型结构欣赏

（一）上海浦东国际机场

上海浦东国际机场（图 1-61）的设计风格，充分体现出“人、建筑、环境”和谐统一的主题。如航站楼拱形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) 拱形钢构架的屋顶

图1-61　上海浦东国际机场

（二）哈尔滨大剧院

哈尔滨大剧院（图 1-62）内设大剧场、小剧场等，其建筑外形设计采用飘带的造型，由多种形式的钢结构组成，包括单层网壳、双层网壳、折梁结构等。在结构设计中，建立整体结构模型，通过整体稳定分析，验证钢结构整体稳定性；通过对大剧场和小剧场的大震弹塑性分析，验证大震下结构的抗震性能。



(a) 哈尔滨大剧院夜景

微信公众号：电子课本大全



(b)主入口大堂的玻璃天窗



(c)小剧场大厅



(d)大剧场主舞台

图1-62　哈尔滨大剧院

技术探究

参观本地区的特色建筑

参观对象：自选。

欣赏与评价的要求：

尽量了解参观对象的背景、特色。

试从结构技术与文化的角度去欣赏和评价。

试写出参观体验报告。

二、结构设计评价

在“结构设计与制作”之后，对设计的最终作品进行结构设计评价，可参照表1-8进行。

表1-8　结构设计评价

评价内容	设计方案、图纸、制作的可行性			设计作品技术特性（强度、稳定性）的合理性			作品应用的正确性			优化建议		
评价方式	自评	互评	师评	自评	互评	师评	自评	互评	师评	自评	互评	师评
等级评价	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差	□优 □良 □中 □差
文字评价												
总评												

微信公众号：电子课本大全

表 1-8 中，评价内容设置了四项，其中，“设计方案”重在对结构方案、材料选择、连接方式、图纸表达及制作实现等可行性做评价；“技术特性”重在对强度、稳定性的考查与验证；“应用的正确性”重在对安装、实用效果的考查与验证；“优化建议”重在找出存在的问题并给出相应的改进措施。“等级评价”按优、良、中、差来评，总体要求各项内容均达到优或良；“文字评价”重在简述对给出的评价等级的理由；“总评”可由教师或特设评价小组做出评价。

“结构及其设计”这一章的学习，突显了技术学科所适用的实践学习方式，即通过动脑又动手的实践活动，实现做中学、学中做，以获取、提升自己的技术核心素养。后续的各章，仍要践行实践学习方式，不断提高自己的学习质量与水平。

学习结构及其设计的小结

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



微信公众号：电子课本大全

第二章　流程及其设计

做任何一件事，都要经历一个过程，而且在整个过程中，必须考虑都需要做什么，先做什么，后做什么。好的策划及设计，可达到事半功倍的效果，优化我们的生产、生活、学习和工作。

微信公众号：电子课本大全

学前沙龙

早晨上学前应做好什么

在早晨起床至出发上学的时间段内，应该做好哪几件事？做事的顺序与所占时间怎样安排呢？

假定：早 6:00 起床，7:30 去学校。

必做的事：洗漱、吃早餐、穿衣服。

选做的事：晨练、背古诗文、收拾书包等。选做的事，可选一项、几项，或不选。

你是怎样做的、怎样选的、怎样安排的呢？理由是什么？是最佳的吗？

每个人可能有不同做法、不同选择、不同安排，比一比，究竟哪个更好？哪个更科学？

带着上面的实践体验和问题，让我们来学习流程及其设计吧！

第一节　了解流程

问题思考

从早上起床到上学这段时间，你都做了哪些事情？先做的什么？后做的什么？

一、什么是流程——两个实例展示

在《技术与设计 1》中，我们曾学习了锯割的加工工艺，包括起锯、锯割、收锯等步骤，用以快速地切分材料。这是运用锯割流程的结果。那么，什么是流程？流程内涵的关键点是什么？流程对于我们的学习、生产、生活有什么意义？

实例 1　马铃薯的播种流程

马铃薯是人类的重要食物之一。可是，你知道它是怎样播种的吗？通过访问农民，了解到马铃薯的播种有如下过程：

第一步，切种。马铃薯多用其地下块茎繁殖。每一个块茎，即每一个薯块上，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

微信公众号：电子课本大全

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。

切种，是马铃薯种植中一个重要环节，它反映了马铃薯播种流程的特殊性。

第二步，布种。先将地起好垅，再在每条垅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。

第三步，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。

技术实践

（1）栽种马铃薯。

材料、工具：马铃薯、花盆、小刀、小桶。

活动内容：根据上面的马铃薯播种流程进行马铃薯播种实践，体验马铃薯的播种过程。

（2）调查当地几种常见农作物的栽培过程，并写出其关键步骤。

实例 2　乘坐火车出行的流程

外出旅行，乘坐火车是一种常见的出行方式。乘坐火车需经如下过程：

第一步，购票。购票可以在火车站售票窗口进行，也可以通过互联网购票。

第二步，安检（进站）。在车站入口处安检进站（图 2-1）。

第三步，候车。在候车室按车站指定区域候车。

第四步，检票（入站台）。通过检票口，进入车站指定的站台。

第五步，上车。按票面指定的车厢号上车，对号入座。

第六步，下车。到达目的地后，下车至车站出口。

第七步，出站。在车站出口，验票出站，结束乘车行程。



图2-1　排队安检进站

二、流程的含义——两个实例的小结

上述两个实例，讲的本是不同的活动，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：

微信公众号：电子课本大全

（1）过程中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，这些小过程称为**环节**。比如，切种环节、布种环节、掩种环节；购票、安检、候车、检票、上车、下车、出站环节。

（2）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**。如切种→布种→掩种；购票→安检→候车→检票→上车→下车→出站。

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，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，将会进展得更快、更好。因此，如何科学设计流程，使其产生更大的效益并具有可持续性，是有待我们深入研究的课题。

讨论交流

试举出你身边的几例流程，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。

第二节　流程分析

问题思考

从早上起床到上学这段时间，你必做的事情有哪些？选做的事情有哪些？每天做这些事情的顺序有变化吗？

一、典型案例分析

案例 1　学校运动会短跑比赛流程分析

报名参加学校运动会短跑比赛的人很多，比赛怎样进行？组委会制定了如下比赛流程：

（1）预赛检录。实际到场参赛选手到检录处报到→根据报到情况对参赛运动员进行分组并分配跑道号。

微信公众号：电子课本大全

（2）预赛。按分组顺序与跑道号进行比赛，并录取预赛每组的前三名，其他运动员被淘汰；检录处对预赛录取的运动员进行再次分组，并分配跑道号。预赛是第一轮比赛。

（3）复赛检录。复赛选手到检录处报到，获取自己的分组及跑道号。

（4）复赛。按再次分组序号与跑道号进行比赛，并录取复赛每组的前三名，未进入前三名的被淘汰；检录处对复赛录取的几名运动员进行最后分配跑道号。复赛是第二轮比赛。

（5）决赛检录。决赛选手到检录处报到，获取自己的跑道号。

（6）决赛。按最后分配的跑道号，被复赛录取的几名运动员进行最后比赛，决出最终名次。决赛是最后的第三轮比赛。

（7）颁奖。按最终名次给获奖运动员颁奖。比赛项目至此全部完成。

说明：

上述比赛流程共设置了7个环节，实际上是做了7件事，也可称为7个步骤。其中，预赛、复赛、决赛环节，可根据参赛运动员人数的多少以及赛场上的跑道条数灵活设置，如参赛人数不是很多，则可将复赛与决赛合二为一，即预赛之后就进入决赛；如参赛人数很少，则只进行一轮比赛，不必设置预赛和复赛，相应检录环节也随之取消。

上述比赛流程中各个环节的实施，是有严格时间顺序要求的，即有先有后、按顺序进行。

讨论交流

每学年，高中学生都要进行普通高中学业水平考试。从考试开始报名到领取证书，应设置哪些步骤（环节）？应遵循怎样的时间顺序？

案例 2　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，并受到普遍的欢迎。波轮式洗衣机的构成如图 2-2 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？



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

图2-2　波轮式洗衣机的构成

微信公众号：电子课本大全

开眼界

波轮式洗衣机的洗涤原理

洗衣机主要是在水流的排渗、冲刷等机械作用和洗涤液的润湿、分散作用下，将污垢分离到水中来实现洗净衣物的目的。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做螺旋式回转，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。

洗衣机工作方式的选择与设置

图 2-3 是某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。

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，洗涤程序有：标准、快洗、浸洗、夜间洗、大件洗、轻柔洗。选择不同的洗涤程序，洗法进程不一样，效果也不一样。



图2-3　某全自动洗衣机的操作面板

1. 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，还要有漂洗过程；洗涤要加洗涤剂；此外还有脱水过程。

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

微信公众号：电子课本大全

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。

讨论交流

（1）在洗涤之后、漂洗之前，是否需要安插脱水的环节？为什么？

（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？

2. 洗衣机工作的时序

表述流程的图形，称为**流程图**。

图 2-4 是洗衣机按标准程序运行工作流程的流程图。

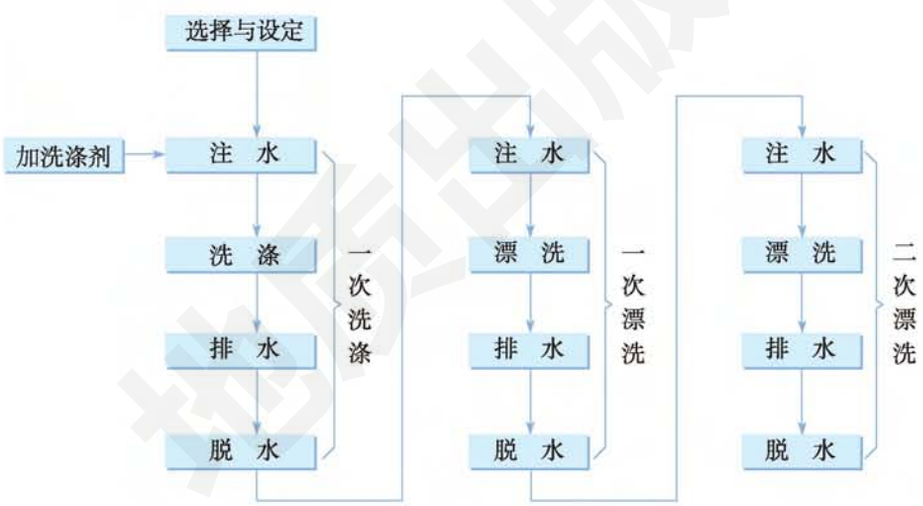


图2-4 洗衣机按标准程序运行流程图

图 2-4 表述了：

（1）基本环节，如前面确认的 5 个。其中，注水、排水、脱水环节各调用 3 次，洗涤加漂洗共用了 3 次。这是设置 1 次洗涤、2 次漂洗所需要的。

（2）流程的时序，具有以下特征：

注水→……→排水→脱水；洗涤→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等。

（3）选择与设定，包括水位、水流强度、洗涤程序等内容；在注水的同时，加入洗涤剂。

微信公众号：电子课本大全

开眼界

奶粉是怎样制造出来的——奶粉生产工艺流程

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

1. 奶粉生产经历的过程

（1）原料乳的验收。

（2）杀菌。鲜奶内含有不利于人体健康的病菌，如大肠杆菌等，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。

（3）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。

（4）喷雾干燥、出粉。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，通过雾化器械成为雾状微粒，即小液滴（其直径为 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。

2. 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、真空浓缩、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。各个环节按其功能与作用，按时序依次进行。

奶粉生产基本工艺流程的环节与时序，在图 2-5 中得到了体现。图中的 5 个环节，一个也不可缺少，时序不可随意变动。

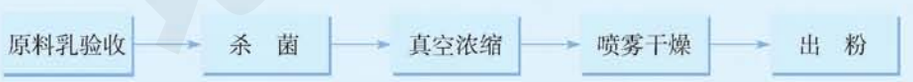


图2-5　奶粉生产基本工艺流程图

3. 赏读流程后的思考

许许多多的日常生活、工农业生产、科技工程都需要流程，包括流程的设计、流程的实现。只是有的流程较简单、易想到、易实现，有的流程较复杂、不易想到、不易实现。

通过赏读案例可以得到一些启示，如：

（1）流程技术的应用非常广泛，不可等闲视之。

（2）流程的设计、实现，有易有难，对应用流程技术的目的、功能与要求都需要进行深入的了解。

微信公众号：电子课本大全

二、识读流程图

化学课上我们学习了工业制备合成氨的方法，如图 2–6 是合成氨生产工艺流程图。应该怎样去识读该流程图呢？它表达了些什么？

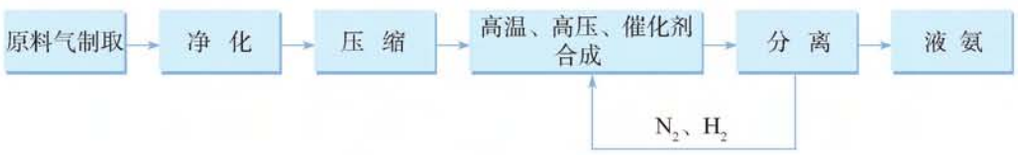


图2–6　合成氨生产工艺流程图

由图 2–6 可以读出合成氨生产流程包括以下环节和时序：

（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。

5 个环节完成后，得到的是合成液态氨。

技术实践

识读流程图练习

（1）识读下面的流程图，要求：

1）分别找出图 2–7 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 2–7 中（a）、（b）的异同点。



图2–7　医院就诊的两个流程图

（2）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，以及该流程的功能与作用。

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

多种多样的流程图

1．构建普通住房的流程图（图 2-8）

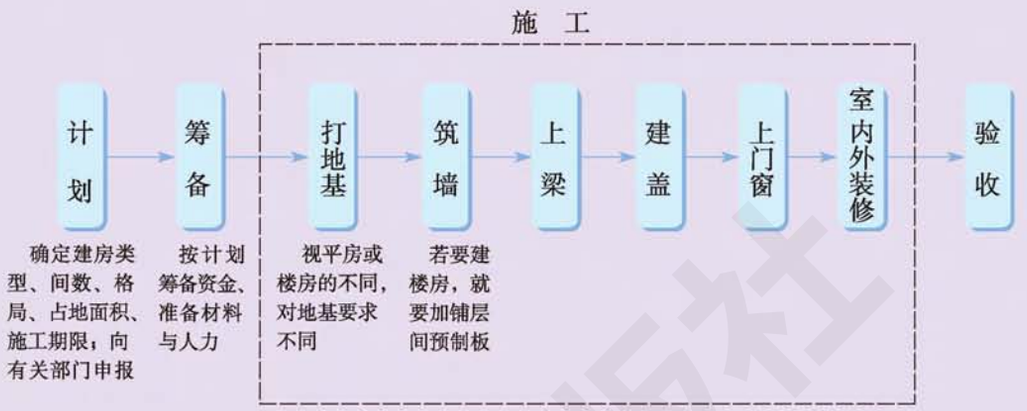


图2-8　构建普通住房的流程图

2．中医诊断的工作流程图（图 2-9）

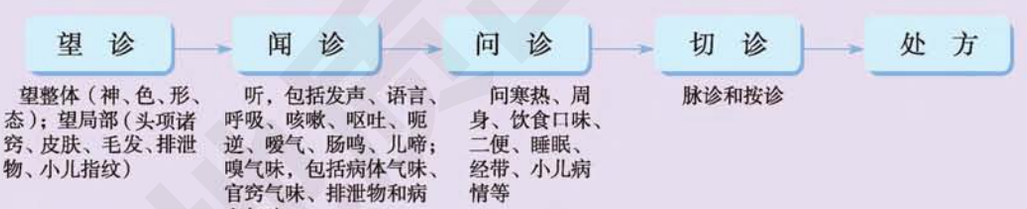


图2-9　中医诊断的工作流程图

3．解方程 $ax^2+bx+c=0$ 的流程图（图 2-10）

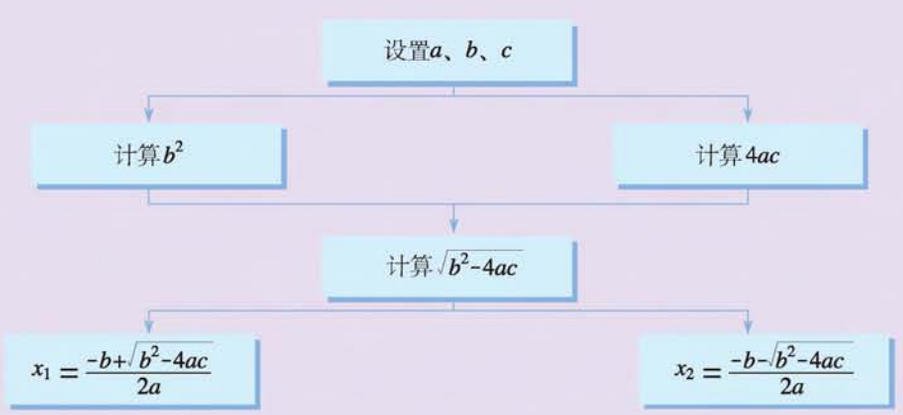


图2-10　解方程$ax^2+bx+c=0$的流程图

微信公众号：电子课本大全

创客坊

（1）流程图的形式多种多样，查阅有关资料，并根据下表提供的“流程图的特征”完成下表。

流程图一览表

流程图的特征	流程图
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。

三、学画流程设计框图

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，以及相关的考虑，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，必要时按需要可在方框中或方框外做简要注释。

技术实践

学画流程图

（1）以做一顿可口的晚餐为例，找出制作晚餐工作流程的环节与时序，并画出流程图。如果晚餐中有炒菜，试比较炒菜制作过程中，不同时序添加食盐对炒菜口味的影响。

（2）请将你每天早上从起床到上学这段时间所做的事情画出流程图。实际体验一下，如果对做这些事情的顺序进行调整，会怎样。

微信公众号：电子课本大全

第三节　流程环节与时序的获取

在做流程设计时，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中环节与时序的线索呢？

一、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必经时序，设计出较为成熟的、合理的流程。

二、研究流程内在的属性与规律

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，做出科学的流程设计。

合成氨生产工艺流程（图 2–6）既包括了物质的反应、变化过程，又包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

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

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。用压缩机压缩净气 N_2、H_2，就是为了制造氨合成所需要的高压条件。因此，“压缩”就成为工艺流程中的重要环节之一。

合成氨的工艺流程，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。在那些大量试验研究之前，要想设计出如图 2–6 所示的合成氨工艺流程是做不到的。

阅读材料

反映马铃薯内在特性的播种流程

在流程实例 1 中，曾将马铃薯的播种分成了 3 个工作过程，即播种流程有 3 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

微信公众号：电子课本大全

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，即隔几年就要到外地选好种子到本地来种。因此，马铃薯再次播种流程，实际上应是 4 个环节，如图 2–11 所示。



图2–11　马铃薯播种流程

这个简单的实例表明：经过实践掌握马铃薯的内在特性与规律之后，才能设计出科学的播种流程。其他活动、事件的流程设计也是如此。

开眼界

流程流转的基本知识

1. 流程流转的描述

在流程设计中，我们关注的主要对象是在流程中流动的流程单元。流程单元是流程转换的对象，可以是物质产品（如汽车），也可以是被服务的人（如超市顾客）。流程单元要经历流程中多个环节，带有时序的各个环节称为工序。流程中所有的环节通过箭头连接起来，一起组成了流程中的工序网络。

一项流程包含的主要元素有流程单元和由工序、缓冲组成的网络，如图 2–12 所示。

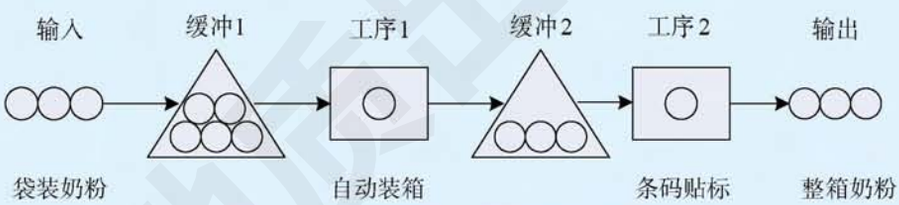


图2–12　奶粉装箱包装工艺流程示意图

不同的流程类型，流程单元可以是一个客户、一件产品、一件中间产品。

流程单元：在流程中流动的单位。

一项流程就是一个从投入到产出的转换过程，被转换的对象就是流程单元。在图 2–12 中，矩形方框表示工序。工序把投入转换为产出以满足后道工序或客户的需要。在工序之间，往往需要设置相应的存储空间来临时存放原材料和中间产品，这种存储空间称为缓冲区，用来防止因发生机器故障等异常情况而出现断流的情况。在图 2–12 中，三角形表示存储流程单元的缓冲。整个转换过程就是由一道道工序和缓冲组成的网络。

工序：转换流程单元的作业。

缓冲：存储流程单元的地方。

2. 流程流转的基本知识

观察流程主要是观察流程单元在流程中的转换过程。流程单元以一定的速率进入流程，经过一段时间和一系列转换后，以一定的速率流出流程。

微信公众号：电子课本大全

1）输入率与输出率

单位时间内所有进入流程的流程单元数称为输入率，单位时间内所有从流程离开的流程单元数称为输出率。进入流程的流程单元必定会离开流程，所以流程的输出率等于输入率。

流程的输入率=流程的输出率

2）库存

流程单元进入流程，在任何时刻都有一定数量的流程单元在流程中流动。处于流程中的流程单元称为库存。库存包括流程内在所有工序中被加工和服务的流程单元，以及在所有缓冲区等待加工和服务的流程单元。

库存：在流程中的所有流程单元数。

3）流转时间

如果流程单元是人，如医院的患者，他一定关心自己在医院所花的时间，患者总是希望所花的时间越短越好。如果流程单元是产品，产品在流程中的时间也是越短越好。

一个流程单元从进入流程到离开流程平均所花费的时间称为流转时间。这个时间包括流程单元在各个工序被加工或被服务的时间，以及在各个缓冲区等待的时间。

第四节　流程优化

问题思考

一天之际在于晨。你认为自己每天从早上起床到上学这段时间的活动流程合理吗？还有需要改进的地方吗？

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

一、一个简单流程的分析

（一）银行原有的柜台取（存）款流程

顾客到银行柜台取（存）款，总期望能够方便、快捷地办完。然而，实际情形如何呢？

原来，银行为柜台取款设计的流程如图 2-13 所示。



图2-13　原来的柜台取款流程图

微信公众号：电子课本大全

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。

（二）对柜台取款流程的优化

现在，银行改进的柜台取款流程（图 2-14）：

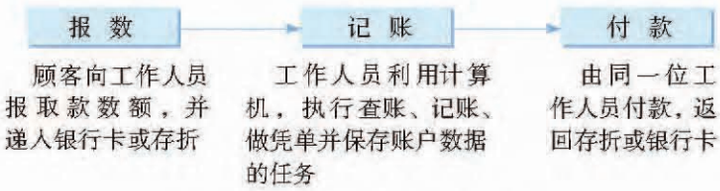


图2-14　现行的柜台取款流程图

现行的柜台取款流程，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，达到了优化的目的。

取款流程是怎样得到改进的呢？

现行的柜台取款流程的实现，是由于采用了计算机管理系统。该系统不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、对洗衣机工作流程问题的思考与优化

（一）问题的思考

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

有不用洗涤剂的洗衣机吗？有没有其他技术同样可以将衣物洗干净呢？

（二）去污机理分析

洗衣机的总功能是洗净衣物，去污是核心。加洗涤剂去污，是帮助水流将污垢从衣物上分离下来。要想不用洗涤剂，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。如利用超声波、电磁、臭氧、离子等技术去污。

（三）洗衣机工作流程的优化

洗衣机工作流程怎样获得优化？应该考虑的问题是：

（1）洗衣机工作流程的优化，应达到哪些目的？

（2）不用洗涤剂的洗衣机，工作流程的优化建立在什么条件和基础之上？

不用洗涤剂洗衣机的工作流程，相对使用洗涤剂洗衣机的工作流程来说，显然达到了

微信公众号：电子课本大全

优化的目的。这主要体现在（图 2–4）：

第一，减去了加洗涤剂的环节。

第二，减轻了漂洗环节的负担。比如，采用一次漂洗便可达到满意效果。

第三，有利于节水、节电、减少污染，这是获取效益的重要方面。

讨论交流

流程的时序与优化讨论

用燃气灶做饭，一般都使用油烟机。实际操作时，有下面的 4 种时序安排：

A. 点火→开油烟机→做饭→闭火→关油烟机

B. 点火→开油烟机→做饭→关油烟机→闭火

C. 开油烟机→点火→做饭→闭火→关油烟机

D. 开油烟机→点火→做饭→关油烟机→闭火

从正确发挥油烟机的作用出发，上面的哪个流程最优？为什么？

三、流程优化的目的与条件

（一）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率、提高产品质量、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大都趋向简化，但也不尽然。有时，增加环节也是优化。

（二）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，银行柜台取款流程的改进。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 2–5 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如图 2–15 所示。

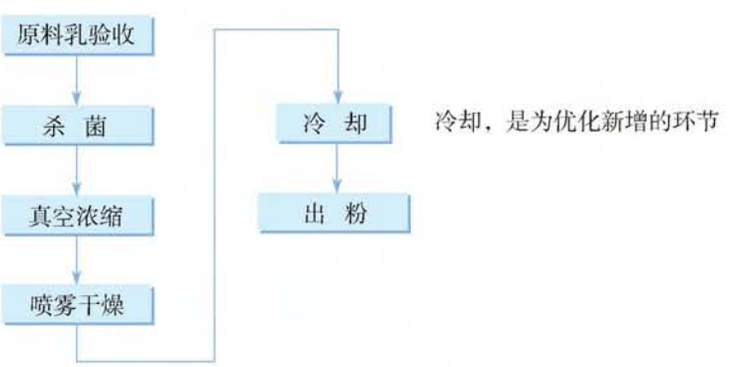


图2–15　优化后的奶粉生产工艺流程图

微信公众号：电子课本大全

四、流程优化的启示与思考

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？

（3）实施流程优化时，要注意哪些事项？

（一）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，提出有没有不用洗涤剂的洗衣机这一问题，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与进步的动力。

（二）充分调动技术的转移特性

洗涤剂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的技术。但是，可以利用技术的转移特性（也称迁移特性），把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"，就是采用其他各种新技术来去污的结合点。

创客坊

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，尝试利用技术转移得到优化的效果。

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。

（三）关于优化的思考

流程的优化，是多目标、多层次、多角度的。可以是环节的改变（减少、增多或改换）——环节的优化，也可以体现于时序的改变——时序的优化等。

优化，通常是在具备一定技术条件下的优化，如银行柜台取款流程的改进；有时是具有技术创新性的优化，如奶粉生产工艺中增加冷却环节的优化。

微信公众号：电子课本大全

第五节　流程设计及其评价

一、选题学做流程设计

◆设计的参考选题

A类
粉刷我们教室的流程。
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。

◆ 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：查阅相关资料，阅读、学习相关知识与技术；分析做该题设计会遇到哪些问题和困难，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。

微信公众号：电子课本大全

◆对部分题目的点拨与提示

1. 关于粉刷教室

用什么料，如何兑料？用什么工具和方法粉刷？
怎样考虑现在教室内的桌、椅搬动？
怎样保护现在教室内的门、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

办报纸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）？
怎样与我们的学习和生活相结合？

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。

◆交流与讨论

交流：
展示方案。
方案报告人做设计说明。
讨论：
大家提问→设计小组答疑或吸纳建议。
讨论中，每个人都要注重交流能力的自我培养与实践。

技术实践

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、某一个试验，也可以是一项教学活动；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、教师指导来确定。

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

微信公众号：电子课本大全

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）。

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，你都考虑了哪些问题？

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，如何考虑所需支持条件的可行性问题？

所设计的流程的环节、时序如何确定？

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（见下面参考格式）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

三、流程设计评价

（一）流程设计评价内容

主要包括以下三个方面：

（1）流程设计的方案及其论证的可行性。

（2）流程设计的环节、时序的科学性。

（3）流程设计优化方向的合理性。

（二）评价方式与做法

采取自评、互评与师评相结合的评价方式。具体做法可参照表 1-8 进行，也可以在此基础上做出改进。

学习流程及其设计的小结

通过学习流程及其设计，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：



微信公众号：电子课本大全

第三章　系统及其设计

日常生活中，人们常提及“某系统”，如水利工程系统、塑料棚室生态环境系统、智能化大楼管理系统、北斗卫星导航系统、人体生理系统、太阳系星体系统等。可仔细想想，好多系统似乎一时看不清、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？

微信公众号：电子课本大全

学前沙龙

为学校运动会赛事系统做设计

我国的学校、团体、机关乃至农村，大多数会定期举办体育运动会。运动会已成为一种特色文化，受到人民群众的普遍欢迎。

运动会项目丰富，比赛精彩纷呈，健儿们雄姿勃发，啦啦队与观众群情激昂。“发展体育运动，增强人民体质”深入人心。

运动会赛事系统，只是整个运动会的子系统。赛事的进程，犹如各军兵种协同作战，需要合理安排。学校决定，下一届的运动会赛事系统由我们班来设计。如何做好这个设计呢？

要做好学校运动会赛事系统设计，首先要学会系统基本特性分析、系统优化、系统设计方法等基础知识和基本技能。我们将努力做好学校运动会赛事系统设计，包括方案设计、论证分析、评价与优化，为学校开好下一届的运动会贡献我们的聪明才智。

第一节　揭开系统的面纱

问题思考

学校运动会的组织实施一般由检录组、裁判组、田赛组、径赛组、宣传组、保卫组等共同完成。能够把这些组看成是运动会的子系统吗？你校运动会系统由哪些子系统组成？

一、系统实例

实例 1　都江堰水利工程系统

都江堰水利工程系统是在岷江的都江堰市段北部建造的引水工程，用于灌溉成都平原。该工程系统由鱼嘴、飞沙堰和宝瓶口三大工程子系统组成，如图 3-1 所示。



图3-1　都江堰水利工程系统原理示意图

鱼嘴，是江中建造的分水堤（金刚堤）最前

微信公众号：电子课本大全

端（迎着上游江水）的部分，因形如鱼嘴而得名，如图 3-2 所示。它将岷江一分为二，形成两江：东侧河道为内江，主灌溉；西侧河道为外江，主排洪驱沙。鱼嘴，按四六比例自动分水流，按二八比例自动分沙流。每年的枯水期时，组织人工对内江淘挖，使之比外江河床低，使得枯水期江水不流入外江而流入内江，保证枯水期灌溉之需。丰水季节，江水的表层（清水）会抢进内江，江水的底层（带有泥沙的浊水）就流入外江，在很大程度上解决了泥沙淤塞内江的问题。



图3-2　都江堰鱼嘴实景

飞沙堰，位于金刚堤尾后，看似一段凹槽滩地，如图 3-3 所示。所谓堰，和堤的共同点是都会拦水，区别在于堤必不让水漫过，而堰既可拦水又能让大水流漫过。飞沙堰具有泄洪排沙功能，即遇洪水情况时，多余的水自行由此溢出；同时，巧妙利用离心力作用将江水挟带来的泥、沙、石块抛入外江，谓之“飞沙”，确保内江畅通。可见，飞沙堰是确保成都平原不受水灾的关键所在。



图3-3　都江堰飞沙堰实景

宝瓶口，形似瓶口而功能奇特，故名“宝瓶口”，古时又称为“金灌口”，是内江水进入灌区的咽喉，如图 3-4 所示。



图3-4　都江堰宝瓶口实景

宝瓶口有三大作用：一是引水入下游灌区，作灌溉、航运、城市生活用。二是限制过量洪水流入灌区，洪水季节，宝瓶口犹如瓶口一样，严格控制着江水进入成都平原的流量，当宝瓶口的进水量饱和后，无论岷江发生多大的洪水，宝瓶口也将其拒之“口”外。洪水不能一涌而入，在宝瓶口前产生壅水现象，使过量洪水漩回飞沙堰和人字堤堰口（即人字堰）而泄入外江，对飞沙堰和人字堤堰口的泄洪发挥作用。三是排沙，内江水流量超过 1000 m^3/s 时，离堆前的壅水现象使内江以下的底流流速显著降低，大量沙石不能继续前行，大部分由飞沙堰排出，一部分沉积在河道内，待“淘挖”时清除。

总之，鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口三者有机结合，协调运行，科学地解决了江水自动分流、自动排沙、控制灌区的进水量等问题，达到消除水患、控灌天府的目的。

开眼界

都江堰水利工程

都江堰为战国末期蜀郡郡守李冰率众创建的大型水利工程，至今仍旧运转不辍。经历代的治理和完善，都江堰已由最初以防洪、航运和灌溉为主要功能的古代水利工程，演变为现在具有更完备的分流、排沙、泄洪、灌溉和工业用水等功能的综合性水利工程，使原来旱涝无常的成都平原变成天府之国。都江堰水利工程被誉为“世界水利文化的鼻祖”“活的水利博物馆”。

微信公众号：电子课本大全

作为现今世界上年代最久、唯一留存并造福人类的大型古代水利工程，都江堰水利工程在世界科学技术史上独树一帜，显示了中华民族的伟大智慧和创造力。德国地理学家李希霍芬 (Richthofen）曾称赞“都江堰灌溉方法之完善，世界各地无与伦比”。2000 年，都江堰与邻近的青城山一起被联合国教科文组织列入《世界遗产名录》，被世界遗产委员会评价为：都江堰是全世界至今为止，年代最久、唯一留存、以无坝引水为特征的宏大水利工程，至今仍发挥重要作用。李冰治水，利在千秋。都江堰不愧为闻名世界的伟大杰作，造福人民的伟大水利工程。

实例 2　塑料大棚温室生态环境系统

1. 棚室作物生长环境

你见过大棚温室吗？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。将光照、温度、土壤、气体等条件的综合，称为棚室作物生长生态环境。大棚温室内，作物生机勃勃，一片盎然，如图 3-5 所示。



图3-5　大棚温室系统内景一角

2. 棚室生态环境系统的组成

棚室生态环境，需要由一些调节设备来营造。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生态环境。

作物生长的生态环境，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。棚室生态环境系统的组成如图 3-6 所示。

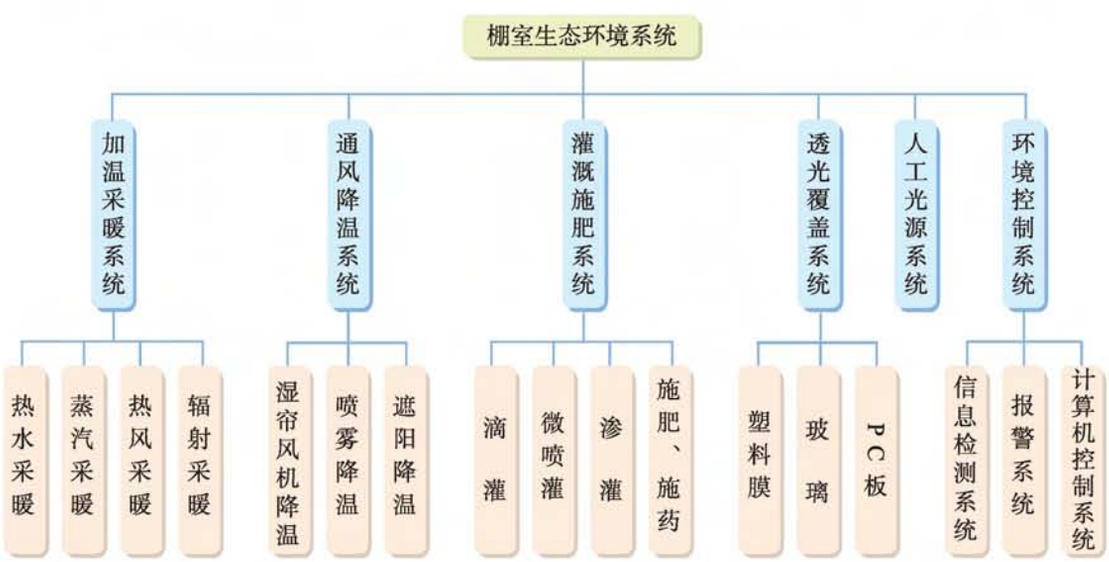


图3-6　棚室生态环境系统组成示意图

微信公众号：电子课本大全

由图 3-6 可见，棚室生态环境系统由加温采暖系统等 6 个部分组成。其中，加温采暖系统等 6 个部分，相对于整个环境系统而言，都是小的系统，即环境生态系统包含了 6 个子系统。加温采暖系统等 6 个子系统相互区别，或加温，或通风，或灌溉……又相互依存，相互配合，既能保持合适的温度，又能恰当通风、灌溉……共同构成满足需求的棚室生态环境。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。

实例 3　智能化大楼管理系统

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 4 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。

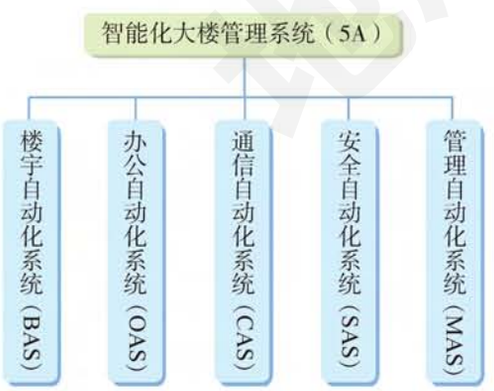
北京的学院国际大厦，是 5A 智能大楼，也是一座人性化的新时代大楼（图 3-7）。



图3-7　学院国际大厦

1. 智能化大楼管理系统的组成

智能化大楼管理系统可由 5A 组成，如图 3-8 所示，也有由 3A 组成的，如图 3-9 所示。



其中：BAS：Building Automation System
OAS：Office Automation System
CAS：Communication Automation System
SAS：Safe Automation System
MAS：Management Automation System

图3-8　智能化大楼管理系统（5A）



图3-9　智能化大楼管理系统（3A）

BAS、OAS、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 3-10 所示。

微信公众号：电子课本大全

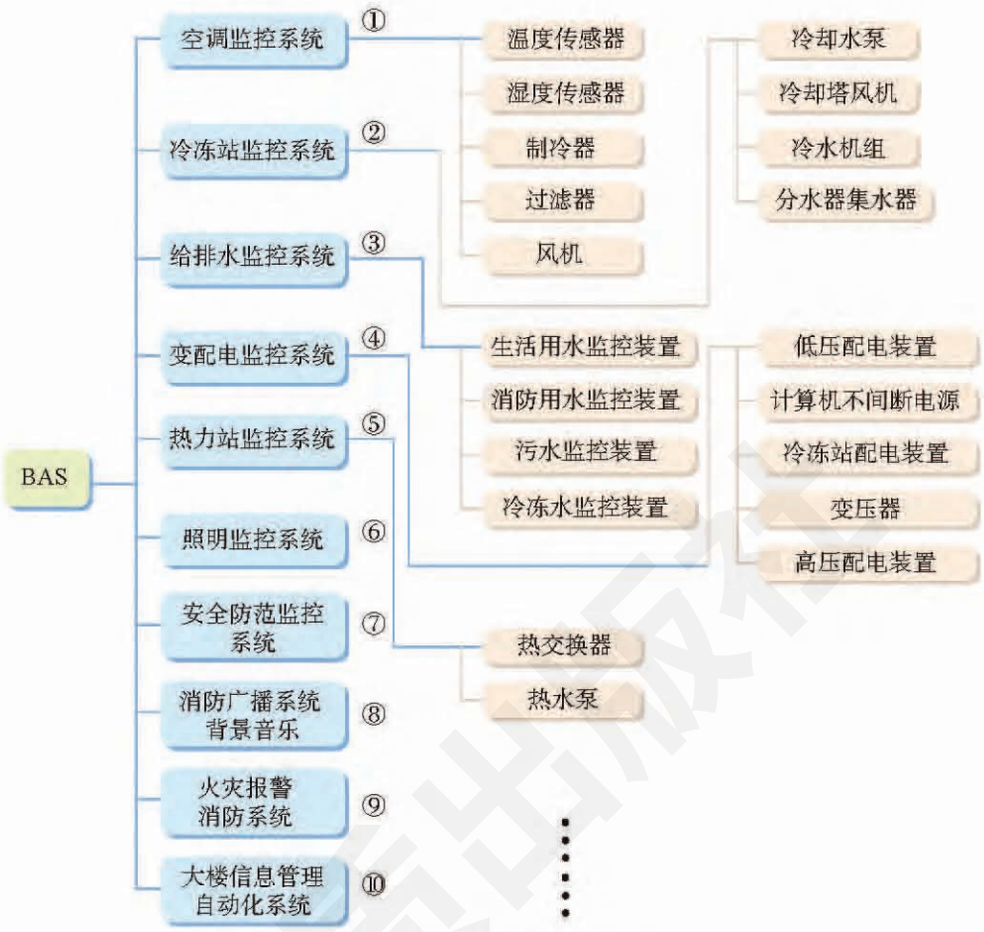


图3-10　BAS组成示意图

图 3-10 中，⑥～⑩的下层没有再画出。

由图 3-8 至图 3-10 可见，智能化大楼管理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：智能化大楼管理系统具有层次关系，即系统可以分解为子系统，子系统又可以层层往下分解，得到下一级子系统……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”系统的组成如图 3-11 所示。

图 3-11 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

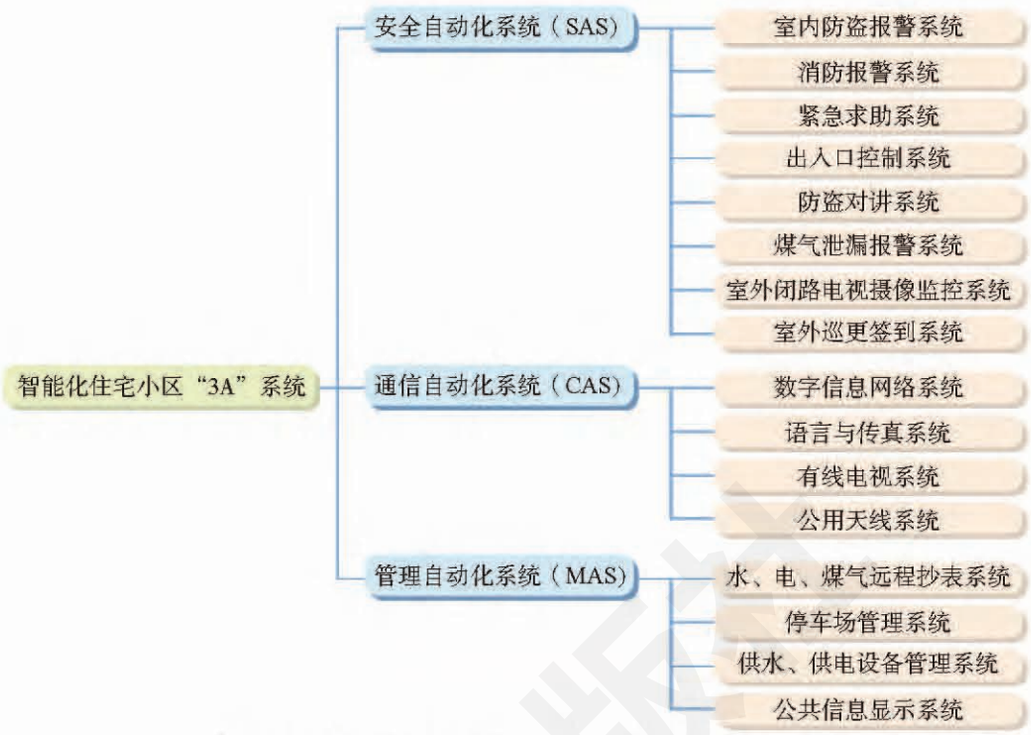


图3-11　智能化住宅小区“3A”系统的主要组成示意图

阅读材料

北斗卫星导航系统

北斗卫星导航系统（BeiDou Navigation Satellite System，BDS）是中国自行研制的自主发展、独立运行的卫星导航系统，其建设目标是：独立自主、开放兼容、技术先进、稳定可靠、覆盖全球。

北斗卫星导航系统的组成如图 3-12 所示。

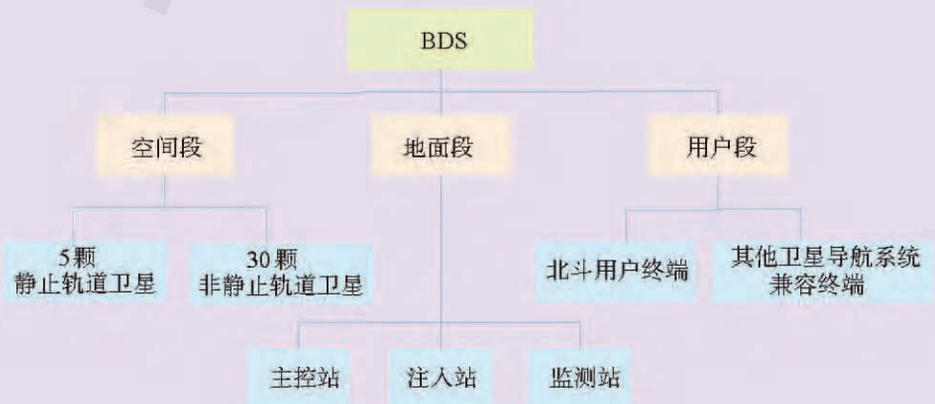


图3-12　BDS组成示意图

BDS 是继美国全球定位系统（GPS）、俄罗斯格洛纳斯卫星导航系统（GLONASS）之后，第三个成熟的卫星导航系统。BDS 建成后可在全球范围内全

微信公众号：电子课本大全

天候、全天时为各类用户提供高精度、高可靠性的定位、导航、授时服务。其定位精度为 10 m，测速精度为 0.2 m/s，授时精度为 10 ns（纳秒）。

BDS 是由多个子系统组成的有机整体，各子系统之间相互关联，相互依存。该系统具有明确的目的和目标，具有强大的功能和先进的技术性能，具有良好的太空适存性。

BDS 是中国科技人的骄傲，是中华民族的骄傲！

开眼界

人体生理系统

人体生理系统，简称人体系统，它不同于上述的几个系统实例，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、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。

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。

一个较大的系统（如人体系统），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其他子系统或元素构成。

（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。

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。

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。

子系统也可层层分解。在人体系统中，如果将骨、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

微信公众号：电子课本大全

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，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，正等着大家去探究、去揭示！



二、系统的含义与分类

（一）系统的含义

前文述及的三个实例都是实际系统，人体也是系统。从浩瀚的银河系到原子，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。

（二）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

由自然力而非人力所形成的系统，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全面发展成才制定的培养规划系统、智力竞赛软件系统等。

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。

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。

微信公众号：电子课本大全

根据物质运动的普遍规律，决定了系统的结构和状态具有产生、变化与发展、消亡过程的，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

客观上，系统总要存在于环境之中，互相进行物质、能量和信息的交换。

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，它需要从外界摄取食物、氧气和水，又要向外界排出废物。

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，可以看作是暂时的封闭系统；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。

开眼界

系统的其他分类方法

1. 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）和简单巨系统（子系统数量成千上万、上百亿、万亿等）。

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。

2. 黑色系统、白色系统与灰色系统

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。如果把学校看作一个系统，显然学校内的教工、学生、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、交通规划及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。

微信公众号：电子课本大全

第二节　系统的基本特性分析

问题思考

学校运动会赛事系统一般由哪些部门组成？包含哪些比赛项目？都有哪些人员参加？

系统多种多样，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。作为系统，它们都具有什么样的特性呢？

一、系统分析案例

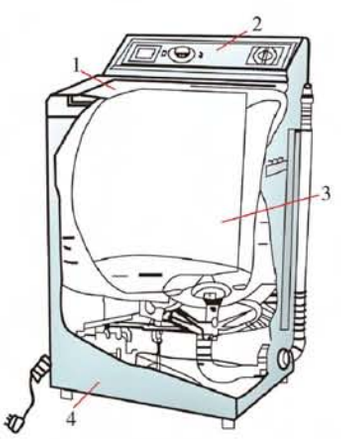
（一）波轮式洗衣机系统分析

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 3-13 所示。

（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相应的功能和作用，以支撑实现总功能。



1. 上盖　2. 操作与控制面板
3. 洗涤与脱水桶　4. 机箱体

图3-13　波轮式洗衣机结构示意图

以波轮为例，波轮上有几条突出的筋，如图 3-14 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，使液体和衣物做旋转和翻转运动，洗净衣物。

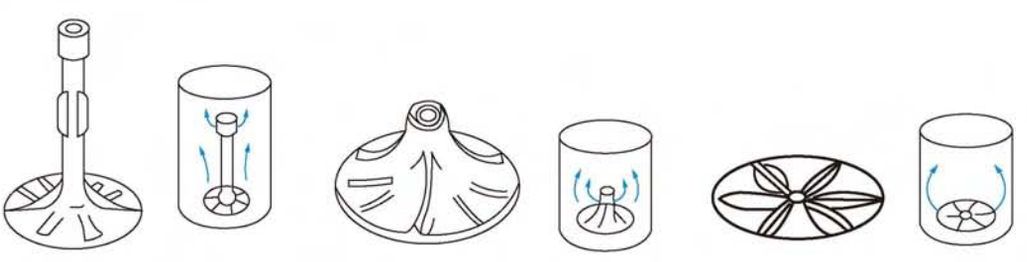


图3-14　波轮形状与水流形成

微信公众号：电子课本大全

开眼界

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。

喷流式洗衣机洗涤衣物时，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，洗涤时会形成强烈的涡流。其特点是洗涤时间较短、结构简单、价格便宜、对衣物磨损较轻。

问题思考

（1）洗衣机的结构组成与它的功能有什么关系？

（2）洗衣机波轮安装方式与洗涤效果有什么关系？

（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. 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，桶可装水与衣物，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；

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：

由图 3-15 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。



图3-15　洗衣机主要组成部分之间的关系示意图

微信公众号：电子课本大全

技术探究

（1）洗衣机的各子系统间是怎样相互关联的？

（2）试指出几个洗衣机系统的元素。

3. 系统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 3-16 表示它和外界环境之间的关系。

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。

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，如振动等。

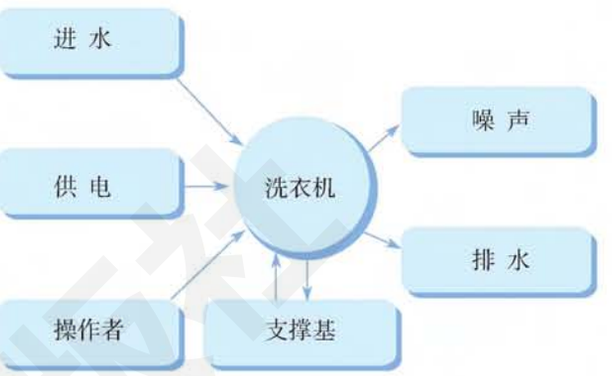


图3-16　洗衣机（系统）与外界环境关系示意图

技术探究

洗衣机和外界环境间的关系

（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？试着结合图 3-15 或图 3-16 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、洗手间或其他地方）合适？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。

微信公众号：电子课本大全

4. 系统分析的评价与小结

（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：可靠性、返修率；实用性，包括洗涤容量、外形大小等；性价比；安全、节能、环保；外表美观。

（2）小结：

洗衣机系统作为一个整体，它的核心功能是洗净衣物。它的各个组成部分都是围绕着支撑实现核心功能来确定其结构、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。

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。

开眼界

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。例如，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。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）赛龙舟系统分析

图 3-17 所示是我国传统的赛龙舟场景。从那种令人兴奋、励人争先的场面中，你观察到了什么？想到了些什么？对其中的胜者有何评价？



图3-17　赛龙舟

1. 赛龙舟系统的功能与构成

（1）系统的功能：

微信公众号：电子课本大全

赛龙舟系统（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。

（2）系统的构成：

舟体子系统：支撑荷载。合理的龙舟造型可以减少水的阻力。

运动子系统：由若干副桨组成，用于划水；舟后设舵或由一桨代替。

动力子系统：由若干名运动员组成，按舟上的指挥号令划桨。

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，即要求众运动员划的力量大，就是将人的强大与持久的机械力，转换成龙舟强劲的加速度和飞快的运动速度。

要方向性好，就是让龙舟尽量走直线，要划得齐，尽量减少龙舟在前进方向上的左摆右晃。

3. 龙舟的定量描述分析尝试

（1）龙舟速度的获得：

在起点，各龙舟都处于静止状态，待令而发，初速度为零，可记为 $v_0=0$。

发令后，众人奋力划桨，水给桨以反作用，龙舟得到动力，记作 F_1；空气和水给龙舟的运动阻力，记作 F_2。龙舟与人的总质量 m 已知，由

$$F=ma \text{ 或 } a=F/m \tag{3-1}$$

和

$$F=F_1-F_2 \tag{3-2}$$

可以计算得到加速度 a。

有了 a，就获得了速度 v。不断施加动力，不断获得加速度，龙舟便能快速前进。另外，式（3-2）中的阻力 F_2 是随龙舟速度 v 的增加而增加的变量，若动力 F_1 保持不变，随着速度 v 的增加，合力 F 就会逐渐减小直至为零，则由式（3-1）可知，加速度 a 也会逐渐减小直至为零，此时龙舟速度不再变化，为匀速运动。要想提高速度，必须有更大的动力 F_1。当然，若龙舟上的运动员感到疲劳，划桨的力量减弱，即动力 F_1 降低，合力 F 为负值，就会产生反向加速度（负加速度），龙舟的速度就会降低，同时 F_2 也随之减小，合力 F 会再次为零，此时龙舟就会以较低的速度做匀速运动。

可见，如果作用于龙舟的动力强，则龙舟的运动速度就会快。

技术探究

加速度、速度都是时间的函数。假定，已经解得一段时间内的加速度值，即 a。那么，怎样计算出这段时间内与 a 相对应的速度值 $v(t)$ 呢？

微信公众号：电子课本大全

（2）作用于龙舟上力的平衡：

由牛顿第二定律，可以写出力的平衡方程式

$$F - ma = 0 \qquad (3\text{-}3)$$

此式第一项 F，表示施加于运动体上的外力，包括动力、阻力或其他的力；第二项 ma，本质上也是一种力，它表示运动体要克服的惯性。这两项，在运动中构成了力的平衡。

（3）龙舟质量的权衡：

龙舟的质量是由两部分组成的，即舟体及其设备，加上舟上的人员。

一般来说，力气大的人，体重也大。当龙舟上体重大的人多了，总质量 m 也就大了。总质量的加大，对获得快速不利。这就需要去考虑、去决策。

舟上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 $a = F/m$ 的计算，就可以获得较大的加速度 a。如果选择不当或相反，则龙舟的速度是不会快的。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）龙舟运动的数学描述：

上面的分析表明，龙舟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，a 定量地依赖于 F 的变化而变化。能获得多大的 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，一般称为**数学模型**。寻求某一运动的数学模型的过程，称为建模过程。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龙舟运动的动力学模型，就是一种较常见的**建模方法**。

4. 赛龙舟系统分析的评价与小结

（1）评价：

赛龙舟系统，人们关注的是比赛结果，即如何快速到达终点。

影响龙舟速度的因素有三个：

1）划的力量大。

2）前进的方向性好。

3）总体质量尽可能小。

龙舟比赛要取胜，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：

赛龙舟系统，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。

赛龙舟系统是用于龙舟与龙舟间的比赛。这一点不同于洗衣机系统。

如果赛龙舟系统的各舟体子系统、运动子系统都一样，那么，各龙舟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、定量相结合的方法分析处理问题，如龙舟速度的获得、龙舟上力的平衡、龙舟质量的权衡等。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）龙舟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龙舟上，你能结合牛顿第二定律做一些论述吗？（这个问题可留到课外思考、讨论）

（4）将赛龙舟系统与波轮式洗衣机系统相对比，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，对赛龙舟系统做一些分析。

阅读材料

描述系统的方法

描述系统的特性，可从定性、定量两个方面入手。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处理，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，前面的赛龙舟系统，采用的就是力平衡方程式（3-3）和方程式（3-2）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龙舟系统运动加速度与各外力之间的定量关系，可以用作系统设计计算的理论依据。

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。

对于工作机理不清的系统，机理建模的方法不能适用。系统都包括两个方面，即一是系统本身，二是系统所处的环境。环境对系统的作用表现在对系统的输入（或干扰），系统在特定环境下，按输入进行工作而产生输出。通过测试系统的输入和对应的输出，可以利用所谓系统辨识技术，获取系统的数学模型。类似这样的一些建模方法，通常称为非机理建模。

关于系统辨识，待以后再学习或可查阅相关资料了解。

微信公众号：电子课本大全

技术探究

（1）通过前面的阅读材料，你对于系统特性的描述有何联想？

（2）请对学校运动会赛事系统进行尝试性描述。

二、系统的基本特性

前面的两个案例，虽都是系统，但它们的结构、功能、工作方式、使用场合等都不相同。作为系统，它们都具有哪些共同特性呢？

通过对两个案例的分析、技术探究，可归纳出系统具有如下基本特性：

（一）整体性

系统的整体性也称为集合性，是系统的基本属性。系统不是一些元素的简单集合，也不是一些组成部分的简单数量上的相加，而是一个有机整体。

系统的结构、工作方式决定于系统的目标、效益的需求。系统要求它的局部服从整体，强调整体性。如案例中的洗衣机、龙舟虽分属不同的系统，但它们都具有整体性。

（二）相关性

系统的相关性也称为关联性。构成系统的各部分之间是相互依存、相互作用、相互支撑、相互影响的，是彼此相关的。如赛龙舟系统中各子系统的设计，比赛时各子系统协调配合是取得比赛胜利的保证。

（三）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。如洗衣机用于洗涤，而龙舟用于比赛。

（四）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。如洗衣机、龙舟工作于不同的环境，它们应具有不同的环境适应性。

创客坊

用学校运动会赛事系统或其他系统，具体说明系统的基本特性。

微信公众号：电子课本大全

技术探究

试分析钟系统的基本特性

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。

三、系统分析的基本方法

（一）系统的基本思想

作为系统，它们都具有整体性、相关性、功能性和环境适应性。系统的这些基本特性构成了**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。

（二）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）、系统的整体功能和系统的组成。

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。

（三）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、提高认识和利于今后发展的目的。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内容包括：系统的分析过程，如功能、构成及特性的定性、定量

微信公众号：电子课本大全

分析说明等；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。可参考本节两个案例的相关说明。

技术实践

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；可以是条件好的学校，也可以是条件差的学校。

（2）以某个真实的学校做背景。

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）厘清学校（系统）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　系统优化

问题思考

如何确保运动会在有限的时间内多个项目高效顺利地进行？

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、什么是系统优化

所谓优化，就是要在给定的约束条件下确定优化目标，找到某种方案去求解问题，并得到最优效果。这种问题，称为优化问题；这种方案，称为优化方案。

优化，可以是最小化的优化，也可以是最大化的优化。两者的本质是相同的，即优化。

微信公众号：电子课本大全

在求解优化问题时，一是要清楚需要优化的目标是什么；二是要清楚问题潜在的一些约束因素是什么。

优化是人类在社会生活和生产中不可避免会遇到的一类问题。在人类历史发展进程中，人类一直在不断摸索求解优化问题的方法并积累了丰富的经验，经过长期的实践，优化已经形成了一门学科。

（一）系统优化的实例之一——建造隔音墙改善车流噪声污染

1. 问题——车道附近噪声污染严重

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声，可高达 80 dB。它直接影响附近的人群，如影响学校上课的效果，还对师生的健康造成伤害。因此，消除或有效减轻噪声污染，成为优化学校等大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声污染有多种方法，如降低车体本身的噪声，让车流在此路段减速以降低噪声，让车道远离学校等，这些方法或不切实际或难以实施。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方法。隔音墙如图 3-18 所示。



图3-18　隔音墙

3. 建隔音墙的技术要点

噪声是通过声波形式向四周传播的。利用隔音墙，可以将噪声反射至上空，以保护附近人群。因此，隔音墙的作用本质是改变噪声的传播途径，以达到改善道路两侧环境的目的。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：

（1）具体测量噪声严重程度。

（2）建立隔音墙防噪声的数学模型及墙体参数关系条件，求其数学解。

（3）从系统优化的角度考虑，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）。

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声影响大小。

微信公众号：电子课本大全

讨论交流

隔音墙技术措施与隔音效果分析

目的：

通过讨论交流，理解修建隔音墙的技术要点和技术要求。

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。可以参考下列的参考问题。

（2）全班讨论交流。归纳大家的共同认识，梳理不同的意见。

参考问题：

（1）隔音墙的高度、长度多少为好？

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

（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；墙体内侧表面是否做吸收声音的处理。

（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声污染的总效果应如何评价？从系统优化中得到哪些启示？

创客坊

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，噪声污染较严重；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，只考虑上述情景特征的一项。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的积极性；社会关注学校进步。

微信公众号：电子课本大全

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，找出学校周边环境存在的若干问题，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。



问题思考

改善环境的启示

（1）上面“创客坊”活动中提出的改善环境的方法可行性如何？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？怎样种？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？



（二）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声污染的效益，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。

技术探究

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：①收集高一年级各个班的同时期的周课程表（复制样本）。

微信公众号：电子课本大全

②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。③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。

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，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，涉及多位教师、不同班级同学，还涉及实验室、公共教室，甚至涉及教学效果。

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，这项试验仅是一次学习活动。提出的方案，可供学校以后编排课表时参考。系统优化方案完成后，可与学校制定课表的教师进行座谈，请他们评价我们的试验方案，并注意倾听教师对方案中那些考虑不周的问题的评述。

问题思考

在上面的技术探究中，大家有了哪些创新想法？有可能解决哪些问题？

二、影响系统优化的因素与最优方法

（一）系统优化的实例之二——假如你是村委会主任，怎样为本村筑通一条致富路

系统优化的一般性步骤如下。

1. 需要进行优化的问题

某村，人丁兴旺，资源充足，但不富裕。经分析发现：由于交通闭塞，本地区的资源

微信公众号：电子课本大全

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，制订出具体的修路方案。

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。

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，要根据本村人力、物力、财力可能到位情况综合考虑后确定。

开眼界

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

$$J=\sum_{i=1}^{4}x_i\rightarrow\min \tag{3-4}$$

$$\sum_{i=1}^{4}x_i\leqslant y \tag{3-5}$$

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 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，从筑路工期考虑，也可以根据筑路方法和计划进行类似的定量计算。

从筑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。

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

微信公众号：电子课本大全

问题思考

定量计算在系统设计与优化中有什么重要作用？



3. 验证与实施

条件校验　逐项校验筑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。

（二）影响系统优化的因素与最优方法

1. 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。两者之比，称为**效耗比（即效益／耗费）**。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**性耗比（即性能／耗费）**、**性价比（即性能／价格）**等。

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。

技术实践

教室供电线路的改进

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，共6个日光灯；照亮黑板用的有1组，共2个射灯；教学备用（投影仪、教学实验设备等）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。

实践目的：

改进供电线路，达到用电灵活、方便和节电的目的。

微信公众号：电子课本大全

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，看它是如何达到改进、优化目的的。

（4）按照改进方案，做出简要预算。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，请你给出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。

2. 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）降到最小的一种方法。

3. 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。

创客坊

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。

4. 关于定量计算

前面的两个实例（改善噪声污染与本村系统优化）表明：最优化少不了定量计算。同样，在赛龙舟系统中，龙舟必须经过最优化设计，包括龙舟体形、材料、承重限额等方面，必须经过定量分析和校验（如仿真和试验）。

微信公众号：电子课本大全

第四节　简单系统设计的基本方法

一、简单系统设计案例分析

随着国家对农村扶持政策力度的增大，回农村老家上学的孩子逐年增多，学校准备增建两间教室。

常见的教室作为一个简单系统，由室体、课桌与坐凳、保温等子系统构成，主要功能是提供教与学的活动场所。农村简易教室的设计示意图如图 3-19、图 3-20 所示。



图3-19　简易教室外形示意图

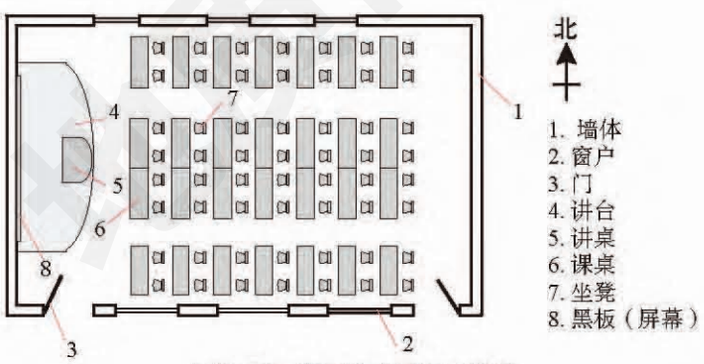


图3-20　简易教室平面示意图

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。

（一）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？

微信公众号：电子课本大全

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、坐凳需用数量→估算全部课桌、坐凳占地面积，记为 x_1。

考虑课桌、坐凳组合，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。留给教师讲台、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

$$x = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \qquad (3\text{-}6)$$

设计时，图纸上的实际面积，记为 y，应该满足

$$y = kx,\ k > 1 \qquad (3\text{-}7)$$

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两头？

（6）第一排课桌与黑板之间要留有足够的距离，应基于哪些考虑？

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、坐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、教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 3-21 所示。

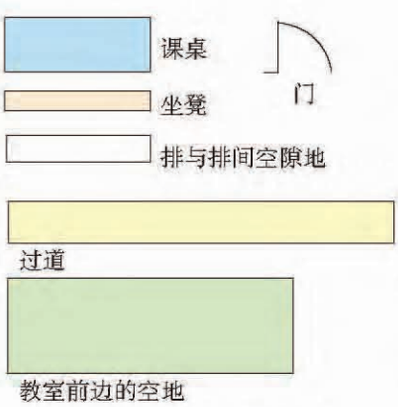


图3-21 纸片模型样式

（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？

微信公众号：电子课本大全

问题思考

（1）你还有什么好办法用来校验设计？

（2）在教室设计中，你有哪些创意？是怎样得出来的？

（二）教室保温设计的分析

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 3-22 所示。

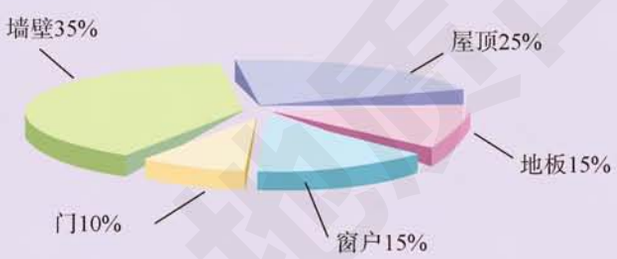


图3-22　普通平房耗散热量情况示意图

保温和隔热的方法：

用保暖和隔热（隔绝热量）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、双层玻璃窗户等。

首先，从图 3-20 中可以看到：

墙体——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吗？

（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作用？如果有，可在图中做出标记。

（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？

微信公众号：电子课本大全

保温子系统设计，要考虑不同地区的实际情况。

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，建造费用少，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，还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及室外气温等有关。

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，然后总结简单系统设计的基本方法。

讨论交流

讨论问题：	参考观点：
（1）为什么要设计如此简易的一间单独小教室？	○ 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。
（2）教室的平面面积设计根据什么而定？	○ 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。
（3）教室内要不要留有足够的过道和黑板前的空地？	○ 观点之一：留不留空地，都行。 观点之二：不留空地，不行。
（4）在建造教室之前要不要考虑保温设计？	○ 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，以后再增加取暖设备。
（5）教室的其他设计，如通风、采光、安全等，你是怎样考虑的？	○ 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。
（6）怎样理解教室具有系统的基本特性？	○ 基本具备了典型系统的基本特性。

微信公众号：电子课本大全

技术实践

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，一定有其特定的功能、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（下面有专题阐释）。

（2）做好归纳和总结。要充分发挥自信、自主、自立的精神，做好这个技术实践。

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，我们仍采用讨论问题的方式来总结系统设计的基本原则。

讨论交流

讨论的问题：	系统设计的原则：
（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）教室里的课桌、坐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、坐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，这是基于什么考虑？例如，为什么不压缩保温设计所需的资金，而把有限的资金用于将教室设计得更大些上？	○ 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。

微信公众号：电子课本大全

（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？	
（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）在教室的周围种些什么树？或是否设计一块绿地？	○ 人性化设计的原则。
（11）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的原则。

技术实践

某小区（村镇）环境系统设计的分析试验

目的：

学习运用系统观念；对具体系统的设计原则试做分析。

内容：	要求：
○调查：结合同学所在城市中的某小区，或农村区域的某村镇。	○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　简单系统的方案设计

一、命题：赛事系统方案设计

学校运动会赛事系统，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、设计及其评价

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 3 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，全班进行交流评价。

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。

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。

微信公众号：电子课本大全

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。

请有经验的教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。

方案的可行性、科学性及其优化。

创客坊

自选一个课题进行系统设计。

技术实践

体验人体系统——树式站立

说在前面：

这是一个重要的体验活动，通过活动，可以体验出许多有关系统的深刻内涵，可以体验出一些有关系统分析的思想与方法。

活动准备：

自然站立，双臂上举，两掌相对合拢。

活动进行：

分两种情况进行。

（1）睁双眼。以单腿直立，另一腿向外侧弯曲并将脚掌贴于站立的小腿上，保持此状态，同时，心中读秒计数至站不住时为止；交换两腿重复上述动作并计时。这种动作过程，被形象地称为“树式站立”。

（2）闭双眼。重复上述过程。

如此，可得到以下数据。

树式站立数据统计表

（1）睁眼	左腿单立保持站立时间 /s	（数据之一）
	右腿单立保持站立时间 /s	（数据之二）
（2）闭眼	左腿单立保持站立时间 /s	（数据之三）
	右腿单立保持站立时间 /s	（数据之四）

微信公众号：电子课本大全

讨论分析：

纵观活动全过程会发现：两种情况下的两组数据（数据之一、之二与数据之三、之四）相差甚大。那么，第一个问题是：为什么会产生这样的结果呢？

两种情况的区别在于：睁眼或闭眼。眼，准确地说是人体系统中的视觉子系统。那么，第二个问题是：为什么眼（视觉子系统）会起着如此重要的作用呢？

先来分析第一个问题：

两种情况，对于同一个人体系统来说，应是两种状态，即它的视觉子系统分别处于工作状态或者不工作状态。而从人体系统结构的角度来看，上述的两种情况对应着两类不相同的系统结构，即具有视觉子系统的正常人体系统或者不具有视觉子系统的非正常人体系统。既然是两类不同的系统，当然就各自具备不相同的系统特性和系统功能。因此，上述两种情况就会产生不同的结果——出现相差甚大的两组数据。

再来分析第二个问题：

回顾第一章有关结构技术的内容可知，人体系统进行“树式站立”，因人体的支撑面积变小（相对于双足着地的单足站立），易不稳定（结构不稳定），不易站立较长时间。

对于“树式站立”，睁眼和闭眼是大不相同的。眼，作为人体系统中的视觉子系统，它能观察人体四周的参照物→目测人体相对参照物的偏移趋势→传递站立状态的信息至人体神经中枢，中枢会发出调整站立状态的指令，以改善站立不稳的状况。因此，睁眼（有眼）相对于闭眼（无眼）来说，眼（视觉子系统）起到了改善“树式站立”不稳的重要作用。睁眼或闭眼，相当于两类不同（正常或不正常）的人体系统。

说在后面：

人体系统是复杂的系统，上述分析是从两类不同系统结构的角度展开的。待学完本课程后面的控制技术内容后，可从控制的角度深刻理解正常人体系统具有控制功能的机理。

积极思考：

作为体验活动，你获得了哪些体验？

你还有哪些发现？

你还有哪些问题？

你还有哪些分析？

勇敢地提出来，让我们掌握好“讨论分析”这一有效的学习武器，积极思考并行动起来！

微信公众号：电子课本大全

学习系统及其设计的小结

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，有益于对问题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，作为学习本章内容的小结：



微信公众号：电子课本大全

第四章　控制及其设计

控制无处不在，从管理到生产，从生活到学习，都离不开控制，如经济建设宏观调控（控制）、学校教学质量控制、航空航天飞行控制、冶炼钢铁过程控制、塑料大棚生态环境控制、智能家居系统控制等。学习一些控制技术，可以提升我们的思维品质，提高我们的学习和工作效率，对我们技术核心素养的养成乃至今后的成长与发展，都是十分必要的。

微信公众号：电子课本大全

学前沙龙

观赏生态鱼缸控制系统的联想

课间，宏志科技小组和追梦科技小组的同学们一起来到教学楼的大厅观赏水族箱。只见水族箱里的光线柔和，水草映衬着漂亮的假山石，鱼儿在清澈透明的水中自由自在地游着，就像一幅美丽的山水画。

水族箱是怎样控制水温的？为什么水族箱能长期保持水质清澈？水族箱的光照是怎样自动控制的？一系列的问题引起了同学们丰富的联想。

宏志科技小组提出联想：什么是自动控制？自动控制装置（系统）是怎样组成的？怎样工作的？怎样做到控制系统设计与实现？

追梦科技小组提出联想：先进的高铁、歼-10战机、太空飞行器交会对接、嫦娥四号成功实施近月制动以及工农业生产与日常生活中的现代化控制系统，不都需要自动控制技术吗？

本次沙龙，同学们对学习控制及其设计的内容产生了浓厚的兴趣，一致表示：为实现中华民族伟大复兴的中国梦，我们要努力学好控制技术。

第一节　什么是控制

问题思考

学校晚自习期间，经常有学生反映走廊里空无一人却灯火通明，同学们一致认为这种长明灯非常浪费电，那么，有没有一种能根据有无人员情况自动控制开关的灯呢？

一、控制实例

实例 1　蒸汽机车、磁浮列车的控制

蒸汽机车以不同的蒸汽进给量，使汽缸活塞以不同的速度与加速度做往复运动，再通过传动机构驱动车轮旋转，从而使列车获得不同速度与加速度的运动（图 4-1）。

随着技术的进步与发展，内燃机车、电气机车先后问世。我国完全自主研发、自主制造、自主施工、自主管理的中低速磁浮列车“追风者”号已于 2015 年 12 月 26 日在长沙试验运行，速度可达 100 km/h（图 4-2）。磁浮列车具有极高的能量利用率，其控制的最基本要求就是要保证磁浮列车能够在一定程度的各种扰动作用下保持平衡稳定的悬浮，通过对悬浮高度进行良好控制来实现磁浮列车的稳定性、安全性和舒适性。

微信公众号：电子课本大全



图4-1　蒸汽机车



图4-2　“追风者”号磁浮列车

实例 2　鸡舍自动饮水器的控制

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，多使用自动饮水器，如图 4-3 所示。

自动饮水器可保持饮水盘内总有足够量的饮水，即水面高度不变。

当饮水盘缺水时，其总重量减轻，弹簧收缩驱动控制杆左端向上运动，将出水阀门打开，自来水从阀门体下端沿饮水盘上表面流入环形水盘；当水面达到一定高度后，饮水盘总重量增加，加大了弹簧拉力，使控制杆左端向下运动，将出水阀门关闭，自来水停止流出。因此，饮水盘内的水面可自动维持在某一高度上。

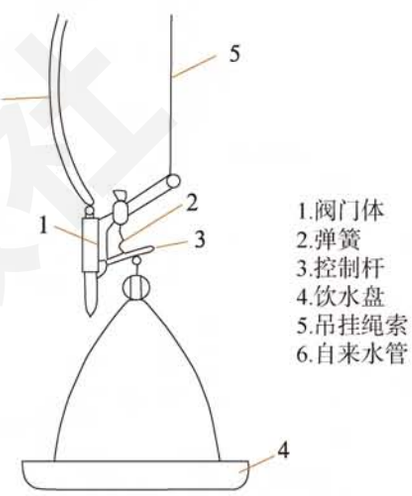


图4-3　吊塔式鸡用自动饮水器

实例 3　空调机制冷 / 制热的控制

使用空调机（如制冷）时，首先设定温度，同时空调机会自动检测室内温度，并比较这两种温度的差值。如果室内温度低于设定温度，空调机不工作；当室内温度高于设定温度时，空调机开始工作。此时，制冷剂在室内机（蒸发器）中由液态变为气态，吸收大量热量，从而降低室内温度，而压缩机和室外机（冷凝器）的作用是把离开蒸发器的气态制冷剂压缩冷凝为液态制冷剂，并把热量释放到室外。空调机制冷原理如图 4-4 所示。如果需要制热，空调机会改变散热方向，冷凝散热的热量不再由外机排出而经风扇被吹送到室内，使室内升温。

需要空调机达到制冷 / 制热的温度值，可以自如设置。通过制冷 / 制热，实现了空调房内室温的调节（控制）。

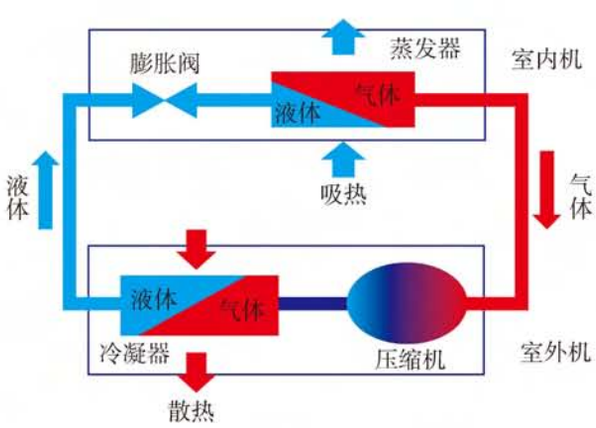


图4-4　空调机制冷原理示意图

微信公众号：电子课本大全

调查研究

调查我们生活中所使用的灯都有哪些控制方式？控制效果如何？

二、控制及其应用

（一）控制的含义

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。人们期盼着丰收，就得通过科学种田来达到自己的目的，如控制墒情、控制虫害等。又如，为迎击来犯的敌机，通过精确制导控制技术，可使我方导弹准确命中敌机，达到让敌机有来无回的目的。

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。

（二）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、自动化车床控制等。控制技术在近代得到了迅速发展，在各个领域得到了广泛的应用。

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，准确地返回地面；精确制导（控制）导弹，准确地拦截目标。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 4-5、图 4-6）。



图4-5　三峡水利枢纽工程系统大坝控制图



图4-6　飞船火箭系统正运向发射塔架

神舟号飞船从发射，经历入轨、变轨、圆轨道飞行，最后返回舱返回地面，其飞行控制全过程如图 4-7 所示。

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行业，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了控制技术，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



图4-7　神舟号载人飞船飞行控制全过程

微信公众号：电子课本大全

我们日常生活中使用的电冰箱、洗衣机、空调等也都采用了控制技术。

控制技术的广泛应用，降低了生产成本，提高了产品质量和劳动生产率，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

收集周围使用控制技术的实例，研究为什么要实施控制？观察周围，还有哪些需要实施控制的问题？

开眼界

浪漫“太空之吻”

2016 年 10 月 19 日凌晨，神舟十一号飞船与天宫二号空间实验室成功实施自动交会对接。神舟十一号飞船与天宫二号空间实验室的交会对接是一个非常复杂的过程，要让两个 8 t 多的“大家伙”在适当的飞行速度下完美地对接在一起，仿佛是在太空中穿针引线。在经过 5 次变轨后，神舟十一号飞船到达天宫二号空间实验室后方约 52 km 的位置，这两个“大家伙”进入自动控制状态，由神舟十一号飞船加速追赶天宫二号空间实验室。为了安全起见，两个“大家伙”在距离 5 km、400 m、120 m 和 30 m 共 4 个停泊点处减速调整。在神舟十一号飞船、天宫二号空间实验室追追停停的过程中，两名航天员回到返回舱，穿上航天服，并将返回舱和轨道舱之间的舱门关闭。等到在相距 120 m 的停泊点处，航天员处于随时备份状态，准备手动控制干预。到相距 30 m 的停泊点处，神舟十一号飞船伸出捕获索，伸到天宫二号空间实验室上面（图 4-8），之后捕获索慢慢收缩，将

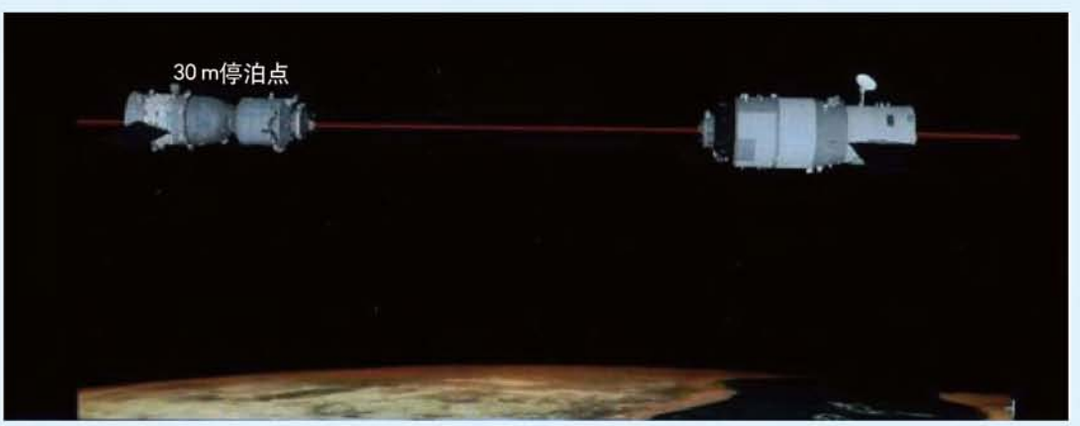


图4-8　神舟十一号飞船对接前最后靠拢天宫二号空间实验室

微信公众号：电子课本大全

神舟十一号飞船和天宫二号空间实验室慢慢拉近，最后成功地完成交会对接，上演了一场浪漫的“太空之吻”（图4-9）。



图4-9 神舟十一号飞船与天宫二号空间实验室成功实现交会对接

阅读材料

人类首次登上月球背面

我国的嫦娥四号在月球背面着陆与巡视勘察，实现多项技术创新，开启了人类对月球探测的新篇章（图4-10）。由于地球、月球始终同朝向自转、公转，因此，月球背面一直是个谜，登陆月球背面意义重大！

嫦娥四号是复杂的宇航控制系统，涉及结构、流程、系统、控制等多门技术。其中，控制是登月的关键技术。嫦娥四号登月“正中靶心”，表明其飞行控制精准，说明其控制技术的运用达到国际先进水平！



图4-10 嫦娥四号登月

第二节 控制系统的基本组成和工作过程

问题思考

在很多公共场合都使用了声控灯，如进入楼道后只要发出一定的声响，电灯就会自动点亮；过一段时间电灯又会自动熄灭。这种灯的控制系统是由什么构成的？又是如何工作的？

微信公众号：电子课本大全

一、典型控制系统案例分析

我们先来分析两个典型控制系统案例，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 1　自动门控制

自动门的动作过程：当门口没有人时，门是关着的，即常关状态（图 4–11）；当有人来到门口时，门自动打开工作，即打开状态（图 4–12）；当人离开门口后一小段时间，门又自动关闭，返回常关状态。

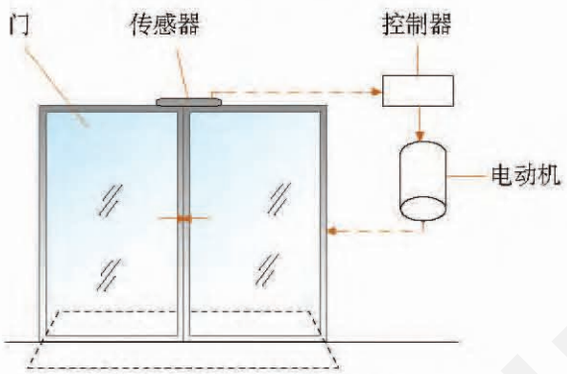


图4–11　自动门的常关状态

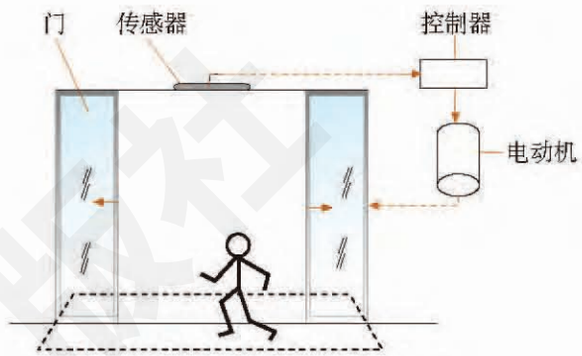


图4–12　自动门的打开状态

自动门的功能和技术要求如下：

功能：

（1）无人时，常关。

（2）有人时，打开。

技术要求：

（1）当来人距门 1 m（也可设为其他值）时，门即打开。

（2）当传感器确认门附近无人后，延时 10 s（也可设为其他值），门即关闭。

门是怎样实现自动开、关的呢？来看一看自动门（实际上是自动门系统，简称自动门）的组成和工作过程。

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，经变换放大后传给电动机（这里的电动机称为**执行器**）。

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

（4）在门附近无人的情形下，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，门又重新关闭。

微信公众号：电子课本大全

上述的系统组成与工作过程，可用图 4–13 表示。

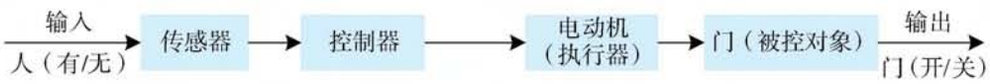


图4–13　自动门控制系统框图

在图 4–13 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，叫作有输出（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）。

阅读材料

输入与输出

在自动门控制系统中，有人，就是有了一种信号。信号被传感器感知，通过传感器给系统以输入。这种输入信号、输入作用，简称输入。系统在输入的作用下，被控对象（这里指自动门）对输入产生相应的动作，即响应。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）。

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 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”中的哪项要求有关？
（3）门的质量不同，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 2　水箱水位控制

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：一种是人工控制（图 4–14）；一种是自动控制（图 4–15）。下面分别分析、研究这两种控制。

微信公众号：电子课本大全

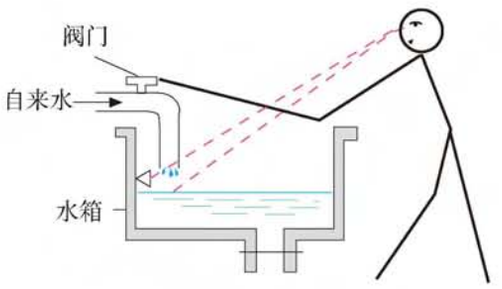


图4-14　水箱水位人工控制系统示意图

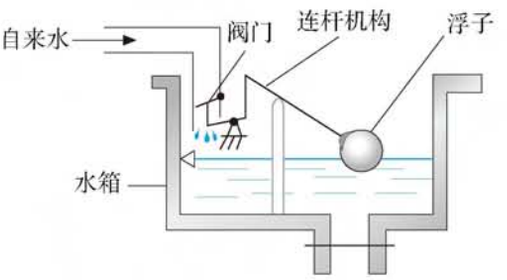


图4-15　水箱水位自动控制系统示意图

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。

控制方式：

（1）人工。

（2）自动。

系统组成：

（1）人工控制：水箱（包括水箱内的水）；阀门；监控的人。

（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；浮子跟随水面升降以监测水面高度。

当水面达到设定的水位时，浮子浮升至设定水位，通过连杆机构，将阀门关闭。

两种控制的对比：

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。

两种控制方式的对比，如表4-1所示。

表4-1　两种控制方式的对比

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

微信公众号：电子课本大全

在现实的生产或生活中，像水箱水位控制案例那样，人工控制可以由自动控制来代替的例子，不是比比皆是吗？

图 4–16 为自动进水水箱水位控制系统的组成与工作过程框图。

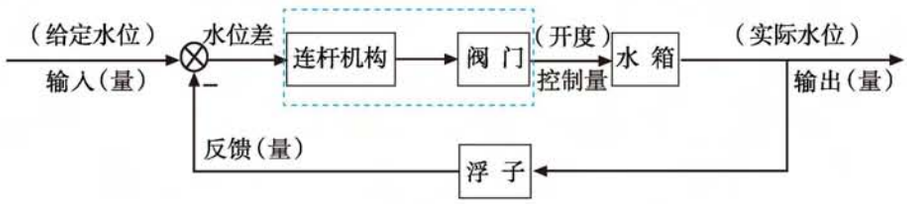


图4–16　水箱水位自动控制系统框图

由图可见，当水位差（给定水位与实际水位之差）不为零时，此信号经连杆机构传递使阀门打开，放水入水箱；同时，浮子将实际水位的信号反馈给比较环节，从而形成水位差信号。当水位差为零时，阀门将关闭，不再进水。水位的高低可以用水面高度计量，因此，对于输入、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（开 / 关）为**控制量**。

现在，来比较案例 1 与案例 2。从两个框图（图 4–13、图 4–16）的比较就可以发现，案例 1 的信息总是自输入端单向传至输出端，不存在信息的逆向流动；而案例 2 则不然，除上述过程外，还有将输出信息反传给输入端（比较环节），存在信息的逆向流动。这就是说，案例 2 比案例 1 多了一个信息反传的传递过程。

案例 2 中，信息流经一个闭合环路，这类系统称为**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，称为**反馈**。符号“⊗”代表输入信号与反馈信号比较，称为比较环节。而案例 1 中，没有反馈，也就不存在闭环，这类系统称为**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，两者的不同表现为有反馈或无反馈。从本质上讲，两者的不同在于信息流的传递方式不同。

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，你得到了哪些启示？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）在第一节“调查研究”活动中，你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？

创客坊

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。

微信公众号：电子课本大全

二、控制系统的基本组成和工作过程

（一）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。对于闭环控制系统来说，还包括反馈环节和比较环节。

（二）开环控制系统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，信息从输入端经控制器、执行器传到输出端，仅有一条开放路径。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，信息流经的路径为闭合的环路，信息流自输入端传至输出端，输出端信息又反传回输入端的比较环节，构成一个封闭的闭合回路。它可以有较高的控制精度和较强的抗干扰性能（有关干扰内容在本章第四节学习）。

讨论交流

分组研讨开环控制系统与闭环控制系统的结构特点与工作过程。

技术实践

走直线：开环控制系统与闭环控制系统的简单体验

说在前面：

技术试验，是学习技术理论、掌握技术本质的一种重要实践活动，一定要高度重视并认真参与。

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，用粉笔画一条标准直线，以直线的一端为起点，另一端为终点。起点与终点相距 10 步以上。

（2）第一次，试验者自起点出发，沿直线走向终点。

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

（4）换人，重复步骤（2）与（3）。

讨论：

（1）使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？

提示：

开环控制系统与闭环控制系统，在系统构成、工作机理、系统特性、控制效果等方面都有很大不同。

闭环控制系统具有跟随特性（随动特性），拥有较高的控制精度，开环控制系统则不然。

微信公众号：电子课本大全

在本活动中，对于同一个人（试验者），两次“走直线”，却是对应着两类控制系统（闭环的与开环的），有着本质区别，控制效果（“走直线”的偏差）也大不同！

希望认真做好活动体验，仔细感悟，更希望努力提升对控制科学的理性认识。

（三）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，信号流程如下：

（1）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。

（2）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。

（3）执行器将此信号放大、变换后，传到被控对象上。

（4）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。

（5）与此同时，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。

上述工作过程，是信息在闭环控制系统中的流动、变换与传递的过程。

技术实践

学校认为安装声控灯能达到节约电的效果，决定在每个楼道都安装声控灯。查找资料，对声控灯的系统组成进行分析。声控灯是开环控制系统还是闭环控制系统？

技术探究

试分析某控制系统的工作过程

下列3题，可选做。

（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4–17）的工作过程。

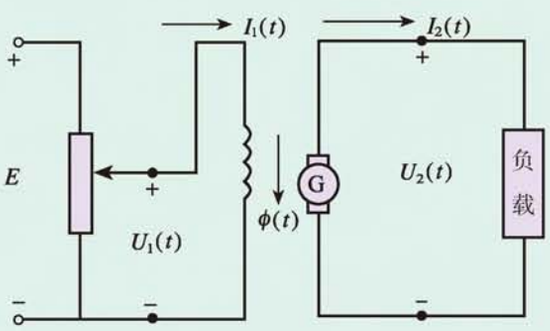


图4–17　手动调压系统

提示：

E 为电源；$U_1(t)$ 为参考输入；$I_1(t)$ 为控制量；G为被控对象，直流网磁发电机；$U_2(t)$ 为输出量（被控量）；$I_2(t)$ 为输出端电流；$\phi(t)$ 为励磁磁通。

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。

微信公众号：电子课本大全

第三节　控制系统框图

系统框图是系统设计方案的图形描述，它能清楚地表述控制系统的设计方案。如果想准确实施声控灯的设计方案，需画出声控灯控制系统框图。

一、控制系统框图的绘制方法

控制系统框图是一种常用的技术语言，是描述控制系统的重要方法之一，也是学习控制及其设计要掌握的一个重要内容。前面已经出现了两个控制系统的框图。怎样才能读好和画好框图呢？现在来研究绘制框图的方法和技巧。

（一）绘制框图的方法

（1）按下面的顺序确定系统的各个环节。

a 为被控对象；b 为执行器；c 为控制器；d 为反馈环节（对闭环控制系统而言，以下同）。

用方框和文字标识表示各环节。

确定被控量（输出量）、控制量、输入量、反馈量和偏差量。

（2）用带箭头的直线表示信息在系统中流动、传递的方向，并将各环节顺序连接起来。

（3）加上比较环节，用圆圈做特别表示，构成闭环。

一般闭环控制系统的框图如图 4-18 所示。

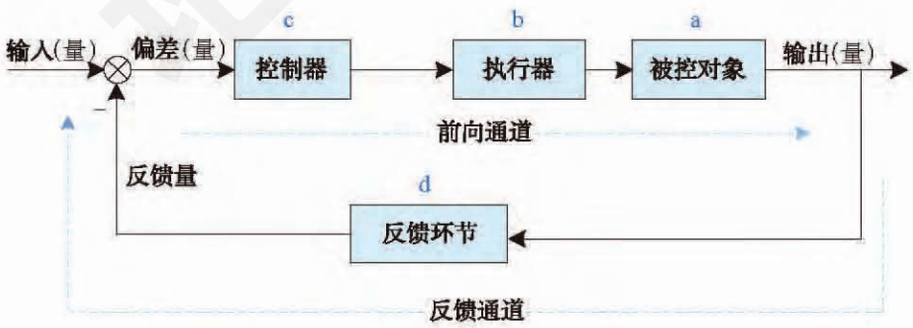


图4-18　闭环控制系统框图

图中标注的“输入”“输出”是专指系统的输入、输出。实际上，框图中的每个框（包括 ⊗）也都有各自的输入与输出。如控制对象的输出，即系统的输出，也称系统被控量。控制对象的输入是什么？怎样产生的？从该框图可知，偏差信息传输给控制器后即产生控制信息，并传输给执行器，经过执行器的放大、变换后即产生控制执行（也称驱动）信息，称为系统控制量，作用于被控对象上。实际上，可将控制器与执行器合在一起，视为广义控制器。广义控制器的输出，即控制量，就是被控对象的输入。由此表明，闭环控制的实

微信公众号：电子课本大全

质就是偏差控制。

图中由两条虚线表示前向通道和反馈通道。闭环控制系统中的信息流分别沿着两个箭头方向流动着、传递着，构成闭环控制回路。闭环控制回路的存在，成为闭环控制与开环控制的本质区别。

图中系统的各组成环节、各信息量对于确定的控制系统来说，均可建立数学模型并进行定量计算、特性分析、控制优化设计。关于建模、计算、分析、控制设计等内容，待以后再进行专业学习，步入控制科学技术之殿堂。

讨论交流

图 4-18 是闭环控制系统的一般性描述，而图 4-16 是一个具体闭环控制系统（水箱水位自动控制系统）的特定性描述。这两幅图都是对闭环控制系统的描述。

试将图 4-18 与图 4-16 仔细对照，并讨论交流以下问题：

（1）对比两图中各方框，说明图 4-16 中的连杆机构、阀门、水箱及浮子都分别对应图 4-18 中的哪个方框，并阐述它们在系统中的作用。

（2）对比两图中的信息流传输，试说明信息流上的一些重要参量在两图中的对应名称，如图 4-16 中的水位差对应图 4-18 中的偏差（量）……并将被控量、控制量填写到图 4-18 中。

（3）进一步将图 4-15、图 4-16 与图 4-18 进行对照、研读，试体验浮子在系统中所起的反馈环节的作用，试理解偏差（案例 2 中的水位差）控制是闭环控制（案例 2 中的水位自动控制）的实质。

建议：有条件的学校，要让学生亲手去移动（上下动）自动抽（进）水水箱里的浮子，以感受浮子所起到的水位反馈作用；不具备条件的学校可组织学生出去参观，或者创造条件购置自动抽水水箱作为教学设备。

（二）绘制框图的技巧

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“绘制框图的方法”（前述 3 个步骤），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：绘制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和把握。

技术实践

（1）如果你来绘制控制系统的框图，你也这样做吗？

（2）根据第二节的案例分析，理解图 4-14 水箱水位人工控制系统的工作原理，

微信公众号：电子课本大全

在图 4–19 未完成的框图中，做好所有该做的工作。

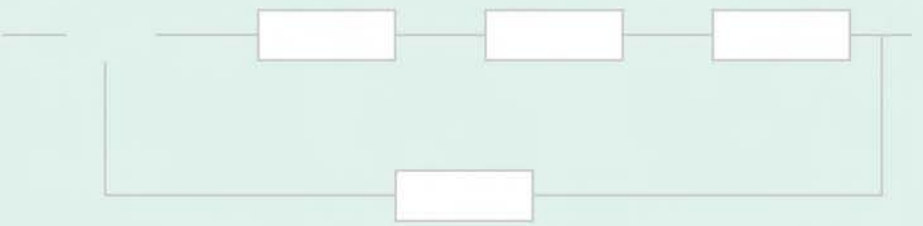


图4–19　水箱水位人工控制系统框图

（3）请画出声控灯的控制系统框图。

创客坊

控制系统的框图绘制练习

（分小组选做）

图 4–20 表示的是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，虚线框 1 为被控对象；2 为执行器；3 为控制器；4 为反馈环节；5 为比较环节；6 为输入设置。

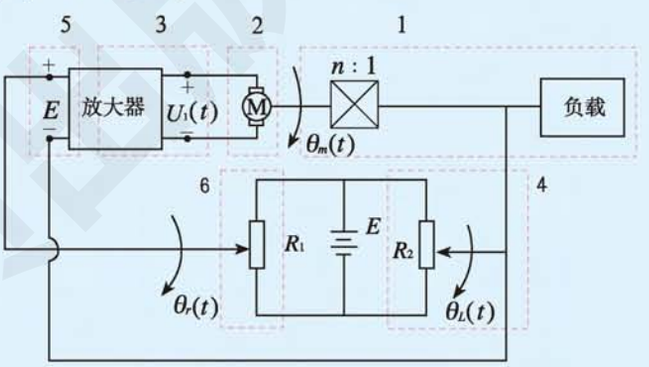


图4–20　角位置随动控制系统

二、控制系统框图中的通道与环节

（一）通道

框图中，信息流经的路径叫作**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**（如图 4–18 中两条虚线所示）。前向通道中，信息流自系统输入（也称输入量），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（也称输出量），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，也称回路。

（二）环节

控制系统是由多种环节有序构成的，它们各具不同功能，各负其责。

传感器　也称敏感器。在案例 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。

微信公众号：电子课本大全

因此，传感器实质上是一个监测元件。在案例 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，是它的输入量），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 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。

执行器 是控制器输出信号的执行机构，也称执行元件。电动机就是常用的电类执行器之一。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 1 中的门）做相应运动。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。

反馈 是控制技术领域中极重要而特殊的概念与术语。闭环控制系统，为实现闭环（闭环控制可为系统带来诸多优越性能），反馈环节是不可或缺的组成部分。在案例 2 中，浮子以一种感知水面高度的器件构成该闭环控制系统的反馈环节。

不同类型的闭环控制系统，将使用不同的手段，如敏感元件（或称测量元件、传感器）提取出被控量信息，用于构成反馈。

特别说明：反馈有负反馈（系统框图中“⊗”下方的反馈标注“−”）和正反馈（系统框图中“⊗”下方的反馈标注“+”）之分。正反馈的作用是加剧原来的行为，起到加剧作用，如振荡电路、爆炸等。在本课中，我们学习、关注的是负反馈与负反馈控制系统。至于正反馈与正反馈控制系统，将在后续专业学习中学到。

技术实践

根据案例 1 与案例 2 填写表 4-2。

表4-2 开环控制系统与闭环控制系统实例比较

系统	基本环节的一般性名称	具有的控制通道
开环控制系统		
闭环控制系统		

创客坊

绘制以下两种控制系统的框图并给出解释。

（1）水田灌溉过程中流量的控制。

提示：根据土壤的湿度。

（2）家用热水器出水温度的控制。

微信公众号：电子课本大全

第四节　控制系统的干扰

问题思考

对于学校安装声控灯，有同学提出：如果声控灯附近并没有来人，而出现意外的声响，声控灯也会应声而亮怎么办？

控制系统的问题很复杂。现在，再来分析两个典型控制案例，以便把对控制系统的认识引向深入，并且认识控制系统的又一个重要问题——干扰。

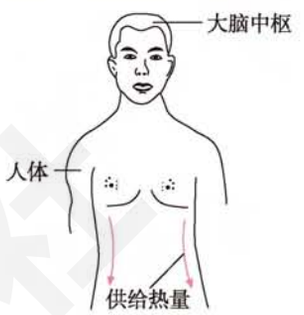


图4-21　人体体温控制系统示意图

一、典型控制系统案例分析

案例 1　人体体温控制系统分析

功能：

维持人体体温在正常范围内，如 37℃左右（这类控制称作恒值控制）。

系统组成：

人体（包括皮肤）；有关的分系统（供给热量）；大脑中枢（图 4-21）。

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）的有关分系统（如循环系统）发出工作指令（多或少输送热量）。

（3）有关的分系统（相当于执行器）根据指令，加速供给热量或相反，如紧闭汗毛孔或出汗。

（4）重复上述过程，人体体温得以维持在一个正常的范围内。

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。

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。这种外界温度的变化称作**干扰因素**，这类影响称作**干扰作用**。环境温度的变化是人体体温控制系统的一种主要干扰因素。

图 4-22 为人体体温控制系统框图。

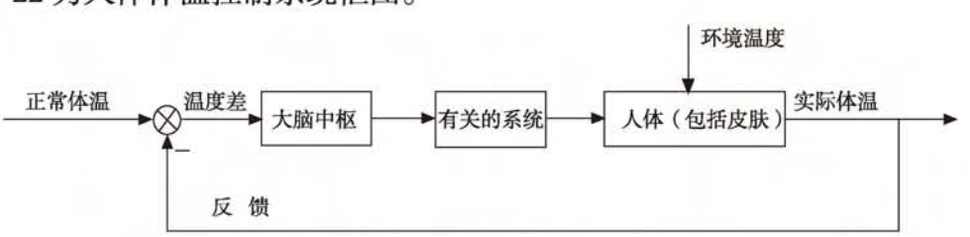


图4-22　人体体温控制系统框图

微信公众号：电子课本大全

与前面学过的控制系统不同的是：人体体温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，起到反馈作用）。另外，图中的“比较环节”和“正常体温”实际上都包含在大脑中枢之中。

案例 2　飞机俯仰姿态（角）控制系统分析

观察与说明：你注意过飞机是怎样飞翔的吗？你了解飞机是怎样起飞升空的吗？

其实，它们都在昂首飞行，只是昂首的程度随着时间段的不同而有所不同（图 4–23、图 4–24）。



图4–23　飞机起飞姿态

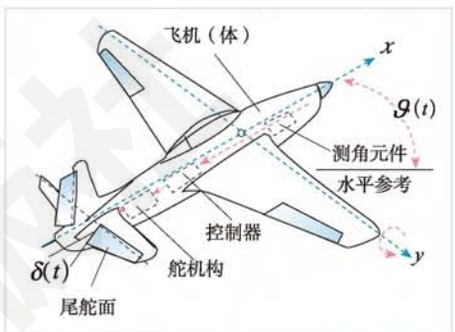


图4–24　飞机飞行俯仰姿态示意图

图 4–24 中，$\vartheta(t)$ 为俯仰角，表示飞机俯仰姿态；$\delta(t)$ 为尾（升降）舵偏转角，表示舵状态。

功能：

实际的俯仰角$\vartheta(t)$ 按照指令$\vartheta_0(t)$ 的要求而变化，即输出要跟随着输入的变化而变化，称之为**随动控制**。

系统组成：

飞机（体）；舵机构（包含舵面在内）；控制器；测角元件（传感器）。

工作过程：

（1）发出指令信号$\vartheta_0(t)$，并传送给控制器。

（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 $\delta(t)$。

注意：$\vartheta_0(t)$、$\vartheta(t)$、$\delta(t)$ 均为时间函数。

（4）偏转的舵面上产生的气动力，驱动飞机做仰（俯）首旋转运动，得到实际的俯仰姿态角$\vartheta(t)$（机械角）。

（5）测角元件感知实际俯仰姿态角，即机械的$\vartheta(t)$，并转换为电气的$\vartheta(t)$，反传送回来与指令$\vartheta_0(t)$ 相比较后，得出偏差

$$e(t)=\vartheta_0(t)-\vartheta(t) \qquad (4–1)$$

此后，重复（2）→（3）→（4）→（5），经过不断的调整，直到$\vartheta(t)$ 满足要求，即趋近于$\vartheta_0(t)$，这时飞机进入新的稳态。

微信公众号：电子课本大全

图 4–25 为飞机俯仰姿态控制系统框图。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 $\vartheta(t)$ 很好地跟随 $\vartheta_0(t)$ 变化。显然，这里的反馈作用很重要。

当飞机在空中飞行时，不可避免地会受到空气阻力的影响，若突然有一阵风（机上工作人员称之为飞机遇上了气流）对着飞机头部自下而上吹过来，那么，飞机的飞行姿态会怎样随动变化呢？

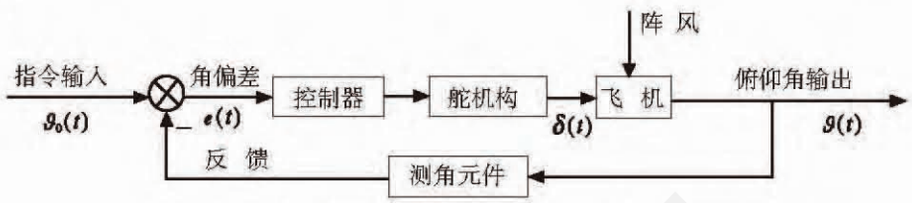


图4–25　飞机俯仰姿态控制系统框图

首先，飞机头部会因风吹而向上抬起，即实际俯仰角 $\vartheta(t)$ 增大，同时，测角元件感受到此变化后，由反馈作用产生新的跟踪误差 $e(t)$，控制器通过执行器——舵机构的偏转使实际俯仰角 $\vartheta(t)$ 减小……这样，阵风与控制系统双重作用于飞机上，机体的俯仰角 $\vartheta(t)$ 出现增大→减小→再增大→再减小……如此反复变化，形成飞机飞行俯仰角的振荡。

实际上，俯仰角的振荡还会耦合致飞行高度 $h(t)$ 的振荡。综合起来，使得原本较平稳的飞行进入颠簸不稳的飞行状态。

民用航空使用专用频率与地面指挥系统进行通信。一些非法电台会占用这个频率，从而会对飞机飞行造成严重干扰，甚至造成飞机处于“失联”状态，严重威胁飞行安全。

由上述可见，对飞机控制系统及飞行来说，阵风、电磁都是干扰因素。

阅读材料

飞机俯仰姿态（角）控制（跟随）系统的特性

图 4–26 中的曲线，表示 $\vartheta(t)$ 跟随 $\vartheta_0(t)$ 的过程，你能做一些什么样的解释？不妨先试一试，然后再往下读。

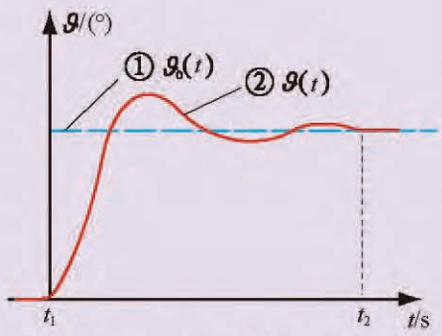


图4–26　飞机俯仰姿态（角）控制（跟随）系统特性曲线

首先，看看指令输入信号的变化：$\vartheta_0(t)$ 在 t_1 时刻，从原来的某一值（图中，t_1 时刻左侧与时间轴重合的那段水平线所示部分），跃变为另一个新值（图中，t_1 时刻右侧、在时间轴上方的那段水平线所示部分），原有值到新值，连接起来看，像一个台阶。这就是指令要求突变（这类信号常被称为**阶跃信号**）的曲线（实际上是折线①）。

再来看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（图中，时间轴上 t_1 那个点对应的值），沿着曲线②逐渐上升（增值）；然后，

微信公众号：电子课本大全

随着时间的往后推移，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。

在科技工程领域中，系统（对象）特性曲线是一种重要且常用的描述手段，该曲线定性又定量地描述了系统特性。

你注意到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**幅值振荡**，简称**振荡**。具有振荡，便是这个控制系统跟随特性的突出特点。或者说，这个控制系统具有振荡特性。

具有振荡特性，使得跟随过程出现波动，振荡越弱，飞机越平稳。

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

（一）干扰因素

在人体体温控制系统分析中，我们知道了环境温度变化是人体体温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；过于恶劣的天气条件会威胁飞机的飞行安全。因此，在设计、使用一个控制系统时，必须弄清这个控制系统有哪些干扰因素。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，以便我们在设计和使用控制系统时，尽量避开或抑制这些干扰因素对系统的影响。

（二）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。

微信公众号：电子课本大全

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，人体体温控制系统容易受到环境温度（冷热）的影响，飞机俯仰姿态（角）控制系统容易受到大气中风的影响，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，干扰作用一般体现在被控对象上。

阅读材料

飞机飞行干扰的抑制

现在，再以案例 2 来说明这个问题。

假设飞机已处在某一个稳态，即$\vartheta(t)\approx\vartheta_0(t)$，此时飞机遇到一股自下而上的阵风。这股阵风，便是干扰。飞机受干扰后，会自动产生以下调节（控制）过程：

由于飞机头部先受到干扰，头部相对原来的姿态便要产生抬头趋势，即有

$$\vartheta(t)=\vartheta_0(t)+\Delta\vartheta(t)\neq\vartheta_0(t) \qquad (4\text{–}2)$$

相对原有值$\vartheta_0(t)$多了一个俯仰角增量“$+\Delta\vartheta(t)$”（一般都用“Δ”来强调增量）→飞机通过测角元件，将此信号“$+\Delta\vartheta(t)$”立即反馈到比较环节，产生新的角偏差→再通过控制器、执行器（舵机构），产生一个相应的舵偏角增量$\Delta\delta(t)$，使飞机的姿态产生低头（飞机的结构具备此特性）趋势，即有一个“$-\Delta\vartheta(t)$”增量。系统自身产生的“$-\Delta\vartheta(t)$”增量，将会抵消干扰带给系统的“$+\Delta\vartheta(t)$”增量的影响……经过反复调节，系统自动恢复到原来的稳态，即$\vartheta(t)\approx\vartheta_0(t)$。

干扰为什么被抑制？除了被控对象（此例中即飞机）的自身特性因素以外，其根本原因就是此类闭环控制系统中存在反馈的作用。

技术探究

回答下列问题：

（1）控制系统的分类。

从不同的角度看，控制系统有不同的分类。试就前面第二节和第四节学过的 4 个案例，填写表 4–3。

表4–3　控制系统实例分类

分类依据	控制种类（开 / 闭环）	特征和实例
信息流的传递方式		

微信公众号：电子课本大全

续表

分类依据	控制种类（开关量／连续量）	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？

创客坊

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。

第五节　控制系统方案的初步设计

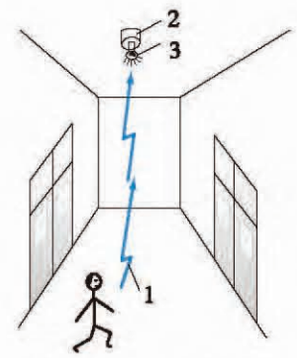
技术设计的一般过程可归纳为：发现与明确问题、制订设计方案、制作模型或原型、优化设计方案等。对于控制系统设计来说，有它的特殊性，即有许多具体的问题需要在方案设计之前弄清楚。因此，本节围绕着如何形成控制系统设计方案这个中心问题，通过案例分析把握控制系统方案初步设计的思路和方法。

一、如何形成初步的控制系统设计方案

案例 1　声控灯系统

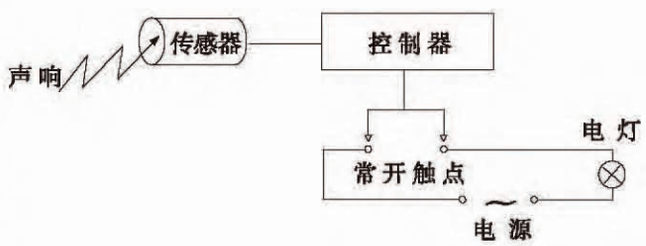
声控灯是一个简单的开环控制系统。它的组成如图 4-27 所示。

微信公众号：电子课本大全



1.声响　2. 传感器、控制器、常开触点　3.灯泡

（a）楼道声控灯示意图



（b）声控灯系统组成示意图

图4-27　声控灯

由图可见，声控灯与常规电灯相比，去掉了常规的手操开关，增设了声传感器、控制器和常开（断开）触点。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。

这样的声控灯系统是怎样设计出来的呢?

分析 1：解析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（有电流通过）与断开（无电流通过）。也就是说，这两个工作状态的实质区别是有电流或无电流。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，如图 4-28 所示。

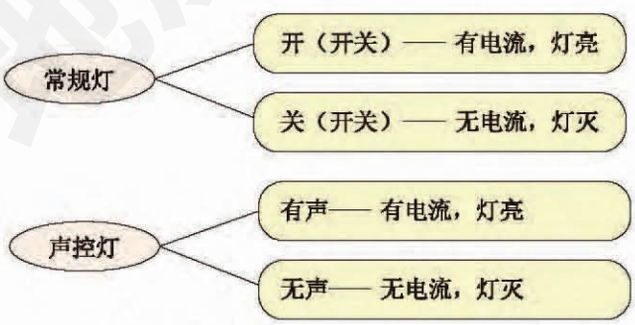


图4-28　电灯中电流与开关操作之间的关系

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，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**。

微信公众号：电子课本大全

问题思考

为避免意外声响对声控灯的干扰，你有什么好办法？

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 4-27 可见：控制器以及常开触点，根据声音传感器传送过来的电信号（有或无）及触点的触头动作（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，触点的通与不通，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触点工作，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的根本区别在于：闭环控制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，就是所谓的**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、控制器及常开触点。

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 4-29 所示。

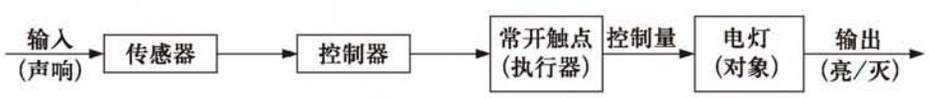


图4-29　声控灯系统框图

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。

讨论交流

白天，楼道里有足够光亮的情况下，从节电的角度出发，应当如何改进上述设计？大家一起来想办法，并尽量具体化。

微信公众号：电子课本大全

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。

技术实践

试根据声控灯设计方案，搭建出声控灯的实物电路。

案例 2　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

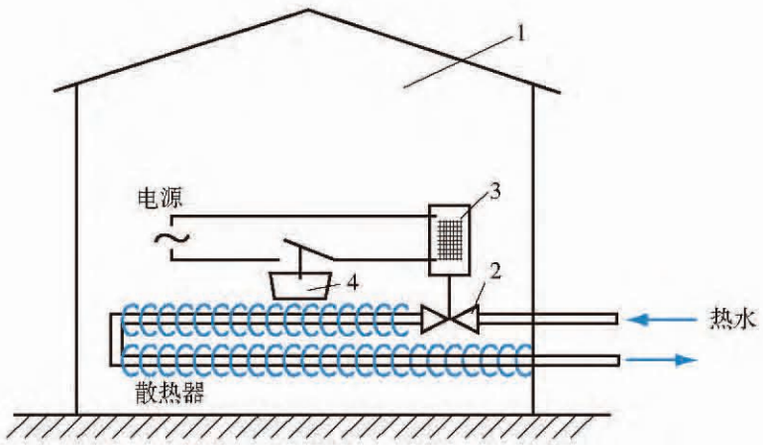
表4–4　棚室采暖加温方式比较表

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. 管道设备费用少 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

棚室温度控制系统是怎样设计出来的呢？

图 4–30 为棚室温度控制系统设计的一个实例。

微信公众号：电子课本大全



1.棚室　2.电磁阀　3.继电器　4.感温元件

图4-30　棚室温度控制系统示意图

分析1：解析对象基本特性

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，在棚顶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 $r(t)$ 的变化，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。

技术探究

一种温度控制系统的响应特性及简易测试法

图4-31中的曲线，表示 $c(t)$ 跟踪 $r(t)$ 的过程，称为**响应特性**。

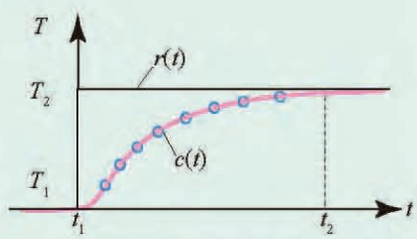


图4-31　温度控制系统响应特性

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），如图中黑色折线。

接着，看 $c(t)$ 的变化：

$c(t)$ 自 t_1 时刻并没能立即跟上 $r(t)$ 做跃变，而是逐渐上升；经过一段时间 $(t_2 - t_1)$ 之后，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

微信公众号：电子课本大全

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 $r(t)$ 就越慢。

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 4–31 中的蓝色小点）；连接各点，便得到响应特性曲线。

创客坊

空调室内的温度特性测试试验

结合本章第一节实例 3（空调机制冷 / 制热的控制），进行室温的实际测试试验，记录并绘制出温度控制响应特性曲线。

要求：

（1）设置两种室温，分别进行测试。

（2）对获取的温度特性试做分析，阐述该特性曲线具有哪些特点以及空调机对室温调节（控制）的效果。

分析 2：确定被控量、控制量

由图 4–30 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（相当于阀门全部关闭）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，称为**双位调节**。

分析 3：确定控制方案

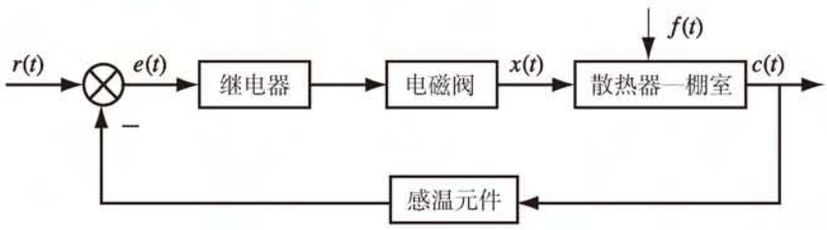
在图 4–30 中，感温元件监测室内实际温度，起着反馈作用；与设定的 $r(t)$ 形成温度偏差，继电器动作，接通供电电路，电磁阀打开，热水进入水管供热。显然，这是一个闭环控制系统。为什么要采用闭环控制呢？

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。

微信公众号：电子课本大全

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 4-32）



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

图4-32　棚室温度控制系统框图

阅读材料

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的，为此要求配套的设施和器材具有较高的可靠性。为了提高其可靠性，在具体装置中可采用光电隔离、电磁屏蔽、电源滤波、可靠接地等抗干扰措施，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、正常地工作。

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，在生物体不同的生长发育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，均有一个适宜的温度范围，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

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

通过对“声控灯系统”和“棚室温度控制系统”两个案例的分析和研究，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。

本部分的讨论，采用“引导问题”和“设计方法要点”并行的方式展开，给出的“要点”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。

引导问题：

（1）面对控制系统方案设计任务时，从哪儿入手？

（2）控制系统中，一般由许多环节组成，你首要关注的是什么？

（3）需要了解对象的基本特性吗？

（4）控制系统中有许多变量，做假设时，首先要确定其中哪些变量呢？

（5）选用开环控制或闭环控制的考虑根据是什么？

（6）绘制控制系统框图，要注意表达哪些内容？

设计方法要点：

● 从分析入手，解析对象特性。

● 首先关注：传感器 / 控制器 / 执行器 / 对象 / 反馈诸环节。

（注：“/”表示“或者”的意思，以下相同。）

● 确定：输入量 / 控制量 / 被控量、输出量 / 反馈量 / 偏差量。

● 选用：越简单好用越好；控制精度 / 抗干扰性 / 经济性……的考虑。

● 注意：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。

技术实践

在方案设计中长才智

——原理性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设计

设计目的：

应用调压原理，采用简单的原理性电路，使灯泡亮度可调。

设计内容及要求：

（1）解析对象基本特性。

指亮度可调台灯在正常工作时，对象的输出信号和输入信号间的关系；与主要干扰参数间的关系。

微信公众号：电子课本大全

（2）确定被控量、控制量。

（3）选用开环控制或闭环控制。

注意：要简述选用的根据。

（4）绘制控制系统框图。

设计的提示：

（1）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调节灯泡的亮度。

（2）选择电路元件，包括灯泡、可变电阻等，进行必要的电路计算。

（3）分析这种简单的原理性方案，可能会出现什么问题，原因是什么。

创客坊

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，采用简单的电路，使灯泡亮度可调。

设计内容及要求：与上面的原理性方案设计内容与要求相同。

设计的提示：

（1）这个实用方案设计会带来更多的收获。

（2）重点是选择一个实用电路，以代替原理性方案。如采用可控硅模块构成实用性控制方案。

（3）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团队精神的？

微信公众号：电子课本大全

第六节　控制系统的实现

控制系统的实现，是指根据控制系统设计方案，进行制作、调试、运行、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、评价和改进等方面。

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，任选一个。

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，进行具体的电路制作；然后，根据上一节中实用性设计方案，进行具体的控制电路的制作。

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。自来水的水压相对较大，而鸡用自动饮水器需要较低的水压，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。减压水箱的结构如图 4-33 所示。

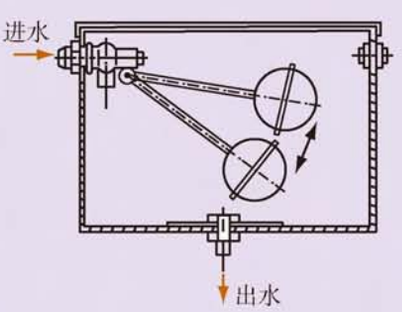


图4-33　减压水箱结构示意图

微信公众号：电子课本大全

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。

二、学会控制系统（装置）调试

命题 A 的调试

调试步骤：

亮度可调台灯调试，这里主要是指控制电路的调试。

电路调试，一般要分两大步进行：

（1）通电前，电路的检查与检测。

检查内容：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：可先按照电路图逐段检查，必要时，还要用万用电表检测。

（2）通电调试。

调试内容：用电表逐段检查电路所能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。

调试中应注意的问题：

（1）注意安全。在通电调试之前，要请教师来检查。教师同意后才可通电，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，还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、分析原因，改正后方可恢复调试。

（4）调试的全过程要分工明确，按步进行；要有专人认真做记录（包括每次调试的内容及现象、数据、问题、改正等）。

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。

微信公众号：电子课本大全

（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，并及时停止进水情况。

（3）调整水位设定的高度。

问题思考

若要改变命题 B 中的水位设定高度，可以采用什么方法？

三、评价与改进

1. 评价的内容与方法

控制系统设计的评价内容涵盖多个方面。如设计方案评价，包括方案的可行性、方案的特色与先进性、方案的难点与实现措施等；制作水平评价，包括工艺水平、系统可靠性等；性能评价，包括适用性、性价比等。

对于控制系统方案初步设计的评价内容则着重于：

（1）设计方案的可行性。包括确定系统的被控量、控制量的科学性，采用开环或闭环控制的可行性，控制系统组成的可行性与可实现性。

（2）绘制控制系统框图的正确性。

（3）系统抗干扰措施的合理性。

（4）系统的制作与调试的水平评价。

评价方法仍参照表 1–8 进行。

2. 改进与创想

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

创客坊

回顾本章第一节的第二个调查研究活动，在“需要实施控制的问题”中，选择一个课题，进行控制设计，或对原有的控制设计进行改进。

阅读材料

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

微信公众号：电子课本大全

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

（1）多输入。如前面讨论的声控灯，只有一个输入——声响。如果在白天可以利用自然光，不想让声控灯亮，怎么办？解决办法之一，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。

（2）多输出。如飞机，在本章第四节案例2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。

（3）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）回路耦合在一起，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和思考呢？

（1）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，这是成功的经验和方法，虽然“简单”，它却蕴含着基本的思想和方法。因此我们要学好它。

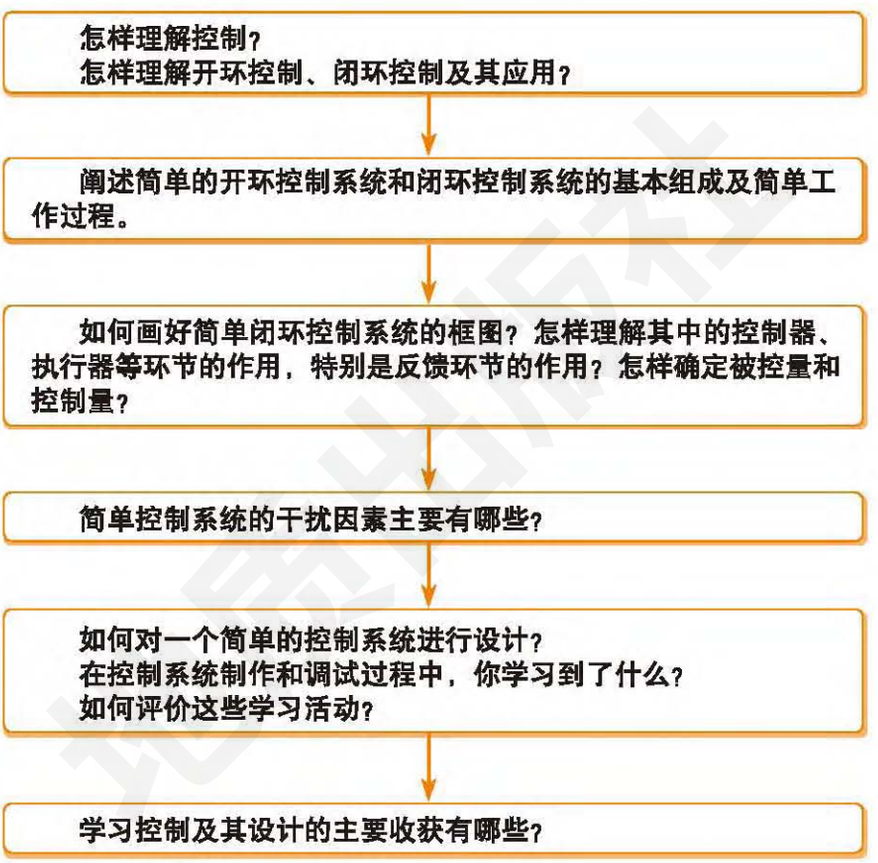
（2）我们学习技术与设计的思想和方法，根本的目的是运用这些思想和方法。我们在学好所谓“简单”的基础上，就具有了再去深入学习、探究、发展的素养与能力。因此，今后的学习与实践在等待着我们！

你的思考是什么呢？

微信公众号：电子课本大全

学习控制及其设计的小结

控制（Control），是当今科学技术发展的主要标志性技术，即 4C[1]技术之一。学习控制及其设计，有助于我们运用控制的基本思想和方法，来解决现实中遇到的相关问题，提升和发展我们的逻辑思维品质。学习控制及其设计，重在从思想和方法角度，理解控制的原理和控制的应用，掌握简单的控制系统的设计。让我们沿着以下的流程，共同思考—讨论—评价，作为学习本章的小结。



[1] 4C 技术是指在自动化系统中应用了现代计算机技术 (Computer)、现代控制技术 (Control)、现代通信技术 (Communication) 及现代图形显示技术 (CRT)。

微信公众号：电子课本大全

多技术交叉综合应用实践

一、实践主题

多元控制多技术交叉综合应用——简易观赏鱼鱼缸系统设计与实现。

二、实践背景

在学习结构、流程、系统与控制技术之后，以综合应用实践的方式，来巩固并提升学习效果，强化技术意识、工程思维、创新设计及图样表达、物化能力等技术核心素养；同时，营造优美的生活环境，享受学技术、习实践之乐趣，丰富未来生活。

三、项目实施

（一）总体设计

系统总体设计，首先明确系统总体功能的要求，进行系统基本特性分析；接着进行系统方案设计，确定各分系统的设计任务与要求。

简易观赏鱼鱼缸系统，以下简称鱼缸系统，是一个较大系统的总称，主要由三个分系统组成，分别是缸体系统、缸架系统和缸内环境系统，如图 1 所示。

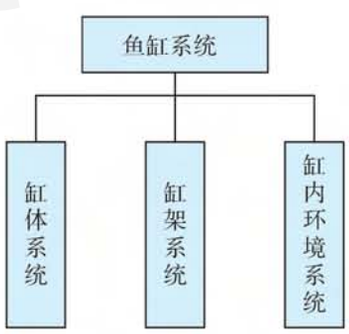


图1　鱼缸系统组成示意图

缸体外尺寸设为 1200 mm × 400 mm × 560 mm（长 × 宽 × 高）；缸体置于缸架之上；缸架高度设为 630 mm；缸内环境系统置于缸体之上。

（二）缸体系统设计

1. 缸体系统功能设计

缸体系统的功能是装水养鱼，前后左右透明，水可以装到缸体高度的 60%~80%，保持长久不渗不漏，结实不变形。

2. 缸体系统结构设计参考方案

缸体系统结构如图 2 所示。


图2　缸体系统结构示意图

缸体框架用 4 号轻型角钢焊接而成，其外形尺寸见总体设计；缸底采用 5~8 mm 厚玻璃；四周采用 5 mm 厚玻璃；玻璃面与玻璃面之间的粘接与密封（共 8 条）采用白水泥或其他黏合材料。

缸体系统制作流程如图 3 所示。

微信公众号：电子课本大全

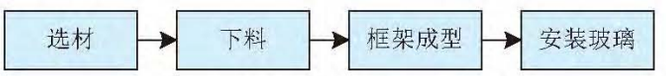


图3　缸体系统制作流程图

（三）缸架系统设计

1. 缸架系统功能设计

缸架系统的主要功能是承载装满水的缸体系统（包括置于缸体上方的环境系统的装置）。缸体系统和环境系统装置的总质量（可以通过计算或测量来确定），构成对缸架系统的正压力，因此可以对缸架系统做出受力分析和强度稳定性评估。



图4　缸架系统参考结构

2. 缸架系统结构设计参考方案

缸架系统参考结构如图 4 所示。

该结构为带有两扇门的柜体，其外形尺寸参照总体设计。缸架的构件材料可有多种选择，如铁质的、木质的等。缸架的各构件之间的连接方式也有多种选择，如构件采用木材，则可使用榫卯或螺钉或胶粘等，以连接牢固可靠为选择原则。

（四）缸内环境系统设计

缸内环境系统根据鱼缸中观赏鱼生存环境的需求而配置。如水温自动控制装置，简称温控装置；水质清澈度自动控制装置，简称净水装置；缸内光照自动控制装置，简称照明装置；鱼饵投放自动控制装置，简称喂食装置；等等。

下面，以温控装置和净水装置为例来讨论设计问题。

1. 温控装置

绝大多数的观赏鱼最适宜的生长温度为 24℃ ~ 28℃，温度变化超过 ±4℃将有可能导致观赏鱼的死亡。因此，缸内环境系统最重要的功能是保证水温恒定，需要配置温控装置。

分析 1：解析对象基本特性

温控装置的系统输入是设定的水温，根据观赏鱼的适宜生长温度来设定，如 26℃；温控装置的系统输出是缸内的实际水温；导致缸内水温变化的主要因素（干扰）是室温，如冬季室温偏低或夏季室温过高，室温的变化将直接影响鱼缸内水温的变化。

通过上述分析，可以得到温控装置的系统设计需求。

温控装置功能和技术要求

功能：

检测缸内实际水温，自动启动加热或冷却装置保持缸内水温恒定。

微信公众号：电子课本大全

技术要求：
设定温度：26 ℃。
控温精度：±2 ℃。

分析 2：确定被控量与控制量

温控装置的系统输出为被控量，即缸内水温。那么，通过什么方式可以实现缸内水温的调节呢？通常，对鱼缸内的水进行加热可采用电加热棒，加热时间决定了水温升高的幅度；对鱼缸内的水进行降温可以采用散热风扇或冷水机。

分析 3：确定控制系统构成方案

为实现缸内水温的自动调节，需要配置温度传感器检测缸内实际水温，将实际水温与设定温度进行比较，计算得到温度偏差，根据温度偏差的极性确定对缸内水温进行加热或降温处理，从而实现水温偏差的减小，构成闭环控制，温控装置自动调节温度的控制框图如图 5 所示。

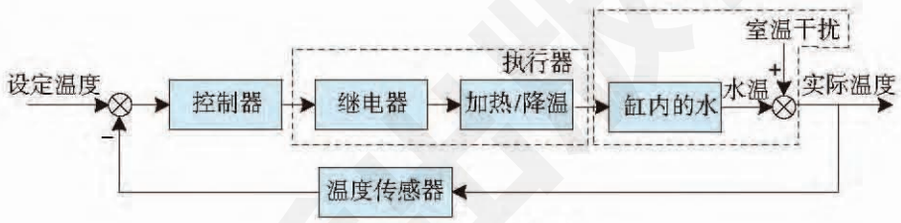


图5　温控装置系统框图

图 5 中，方框代表控制系统的组成部件，都是具体的物理装置，如集成电路、单片机等，图中的实线箭头表示物理量（信号），箭头的指向代表了信号的传递方向。图中各组成部分如下：

被控对象　缸内的水是被控对象。鱼缸内，水的容量代表了被控对象的固有特性。越多的水（水的质量越大）控制其升温或降温单位温度（如 1℃）需要传递的热量就越多，若采用相同的加热或降温工具，装水多的大鱼缸相比装水少的小鱼缸，水温的升高或降低都会更缓慢，即水量的多少成为被控对象的固有特性之一。

测量元件（传感器）　我们需要控制的物理量是水的温度，因此水温成为温控装置的被控量，也是温控系统的输出。我们希望知道鱼缸内的实际水温是多少，于是需要安装温度传感器检测缸内的实际水温。温度传感器输出通常为电信号（反馈信号），根据传感器类型的不同，反馈信号可以分为电流信号、电压信号、电阻信号。

执行器（继电器、加热 / 降温模块）　执行器是能够改变被控量大小的物理装置，改变缸内水温的装置可以是加热器或是散热器，性能好的执行器可以使被控量快速准确地改变，如采用大容量的加热棒就可以使鱼缸内的水快速升温。继电器接收的是小电流信号，它可以利用小电流信号控制大电流的导通和切断，是实现单片机输出小电流信号控制加热 / 降温模块输入大电流信号的电磁元件。

控制器　控制器根据控制偏差的极性（偏差的正负）切换执行器（偏差为正，启动加

微信公众号：电子课本大全

热器；偏差为负，启动散热器），控制器也可以根据控制偏差的大小改变执行器输入信号的大小，实现被控量的快速调整。

比较环节 “⊗”在控制学领域中代表比较环节，即对两路信号的大小进行比较，流入“⊗”代表输入信号，流出“⊗”代表输出信号，如图 6 所示。

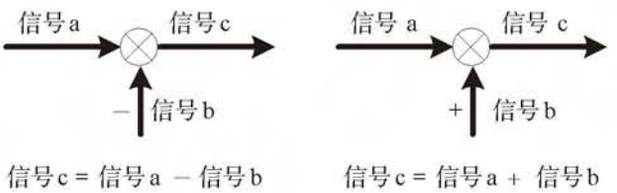


图6 比较环节

比较环节可以通过硬件或软件实现，如硬件电路中采用集成电路芯片——电压比较器（如 LM339）可以实现电压信号比较。采用单片机通过软件编程也可以实现信号的比较（首先要应用模拟量 / 数字量转换电路，即 A/D 转换电路将待比较的电信号采集到单片机中，才能再应用软件编程实现信号比较）。

干扰信号（室温干扰因素） 在图 5 温控装置系统中，加热 / 降温模块温度对缸内水温的调整会受到室温的直接影响，因此温控系统的输出实际上是两者的叠加，室温干扰改变了被控量——实际水温的大小，因此需要引入自动控制抑制室温干扰的影响。

分析 4：控制系统的实现

参考图 5，温控装置系统实现框图如图 7 所示。根据性价比选用温控装置的各个部件，如温度传感器可采用 DS18B20 或 PT100，设定温度及比较环节可以采用单片机 AT89C2051，加热 / 降温装置分别选用加热棒和冷水机等。实际系统中，除了选择控制系统中的各个元件外，还要考虑信号在传递过程中的转换，如单片机或计算机只能通过 A/D 转换采集并处理数字信号，控制信号要经过功率放大才能带动执行器工作等。

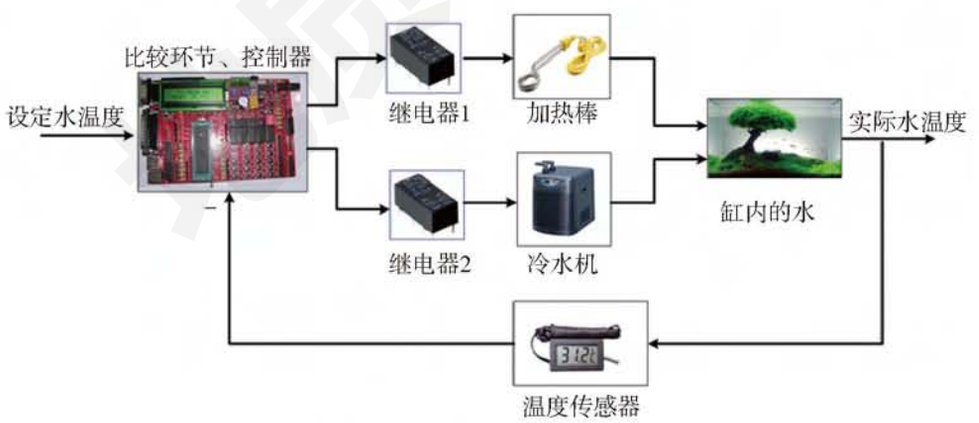


图7 温控装置系统实现框图

2. 净水装置

俗话说“养鱼先养水”，可见良好的水质环境对水族生物是多么的重要。鱼缸水质监测包括水温、水软性度、水酸碱度、生化菌群等多个方面，大多需要采用专业试纸或专用仪器进行科学检测。

分析 1：解析对象基本特性

净水装置的系统输入是科学的水质标准，如 pH=7，呈中性。水质容易受到多方面的影响，如鱼缸过滤系统工作时带来的颗粒杂质、自来水的注入、观赏鱼的排泄物等都会造

微信公众号：电子课本大全

成水质变差。

通过上述分析，可以得到净水装置的系统设计需求。

净水装置的功能和技术要求

功能：

检测缸内实际水质，自动启动过滤系统保持缸内水质满足水质标准。

技术要求：

设定水质指标：pH=7，kH=8 等。

分析 2：确定被控量与控制量

净水装置的系统输出为被控量，即缸内水质参数，那么，通过什么方式可以实现缸内水质的调节呢？通常，通过启动过滤系统或投放药品可以快速调节鱼缸水质。

分析 3：确定控制系统构成方案

为调节缸内水质，需要配置水质检测传感器检测缸内水质情况。养鱼人根据水质检测结果，将实际水质与水质标准进行比较，计算得到控制偏差，根据水质的偏差情况实现水质的改善，从而实现水质偏差的减小，构成闭环控制，如图 8 所示。

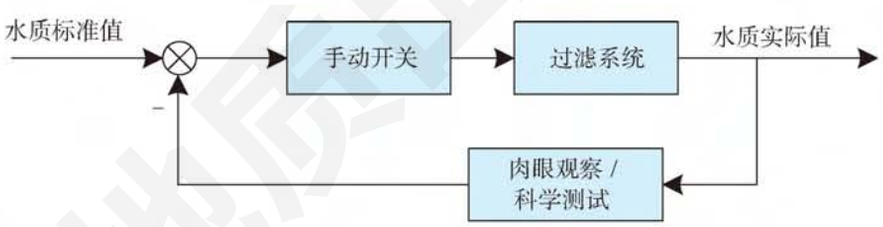


图8　净水控制系统框图

创客坊

鱼缸系统中，照明装置和喂食装置也是两个控制系统，回顾第四章的学习内容，试对照明装置或喂食装置进行控制设计，提示如下：

喂食装置：

喂食装置实质上是开环控制，定时定量启动喂食装置，食物自动落入缸内。

照明装置：

照明装置可以设计为闭环控制系统，照明装置的被控量是光强，控制量可以选择照明系统的电流，改变电流大小调节光源（灯）的强度；可采用光敏电阻作为传感器，感应光照强度。

微信公众号：电子课本大全

后　记

按照教育部的统一部署，依据《普通高中通用技术课程标准（2017年版）》，参考十多年来教材实验成果，并在广泛征求一线教师、教研人员的意见及进行教材比较研究的基础上，本着强调基础、注重发展、突出育人的修订原则，对《技术与设计2》进行了修订。此次修订，对部分内容的呈现顺序进行了调整，理顺了教材内容的呈现逻辑和呈现方式，增补了反映我国新技术、蕴含丰富育人价值的典型案例和知识内容。修订后的教材，更加注重思想性、时代性、整体性和创新性，注重中国优秀技术文化教育，注重反映我国古代、现代科技成果和科技进步成就，特别注重吸收我国最新技术研究成果和技术设计新理念，脉络更加清晰，结构更加严谨，内容编排更加符合学科逻辑、教学逻辑和学生的认知规律，形成了较为完善的以学生的技术核心素养为导向、注重培养学生创新思维和实践能力的教材内容结构体系和学生活动结构体系，有助于培养学生的创新思维和工匠精神，有助于学生技术学科核心素养的养成，有助于立德树人的根本任务的落实。

本套教材的主编为陈玲玲、王永奉，副主编为王明彦。本册教材的主编为张家余、马杰、张华。

在本书修订过程中，得到了许多专家、学者和老师的指导与帮助。北京师范大学的李春密教授、山东大学的冯维明教授、北京教科院的孟献军老师、北京教育学院丰台分院的苏丛尧老师、人大附中西山学校的修金鹏老师、北京师范大学实验中学的韩英奎老师、济南外国语学校的李思山老师对书稿进行了审阅，提出了许多宝贵意见。

此外，本书的修订工作得到了山东省教科院王秀玲老师、湖南省教科院董仲文老师、贵州省教科院刘惠平老师、河北省教科所王秋岩老师、石家庄市教科所胡刚老师的大力支持，在此深表感谢。

微信公众号：电子课本大全

通用技术

技术与设计2

必修

TONG YONG JI SHU

地质出版社

ISBN 978-7-116-11581-1

9 787116 115811 >

定价：10.60元

绿色印刷产品

价格依据文件号：京发改规［2016］13号　举报电话：12358

微信公众号：电子课本大全