

产品系统设计

Systematic design to product

- 主讲：李奋强
- 兰州理工大学教授、硕导
- 工业设计研究所所长
- 中国工业设计协会理事
- 中国机械工程学会工业设计分会理事
- 代表作品：《产品系统设计》、《标志设计》
- 研究方向：设计学、产品系统设计、设计系统工程学

第一章 系统设计基础

- 系统论反映了现代科学发展的趋势，反映了工业化大生产的特点，反映了现代社会生活的复杂性，所以它的理论和方法能够得到广泛地应用。产品系统设计就是系统科学在设计学领域里的应用。
- 本章内容包括：
 - 系统的概念
 - 系统的组织
 - 系统功能与系统环境
 - 系统的属性
 - 系统的特征

1.2 系统的概念

■ 1.2.1 系统的定义

- 系统（英文“System”）一词，来源于古希腊语，意思是由部分组成整体。
- 贝塔郎菲(L. V. Bertalanffy)把“系统”定义为
 - “相互作用的诸要素的综合体”。
- 系统定义：
 - 系统是由若干要素以一定结构形式联结构成的具有某种特定功能的整体。或者更简练的表述为：
 - “系统是有关关系的集合(图1.4)”。
 - 而系统本身又是它所从属的一个更大系统——环境的组成部分。
- 系统概念的基本体系主要包括系统、要素、结构、子系统、系统层次、系统功能、系统环境等。

系统的内涵可从以下几个方面来理解。

- (1) 系统是由多个事物构成的，是一种有序的集合体。
- (2) 系统中的各个构成元素是相互作用、相互依存的。
- (3) 某事物，是否是系统并不是绝对的，这要从看待该事物的角度而定。
- (4) 系统通过边界与周围环境相分离，而成为一种特定的集合，又通过输入和输出信息与周围环境相联系。

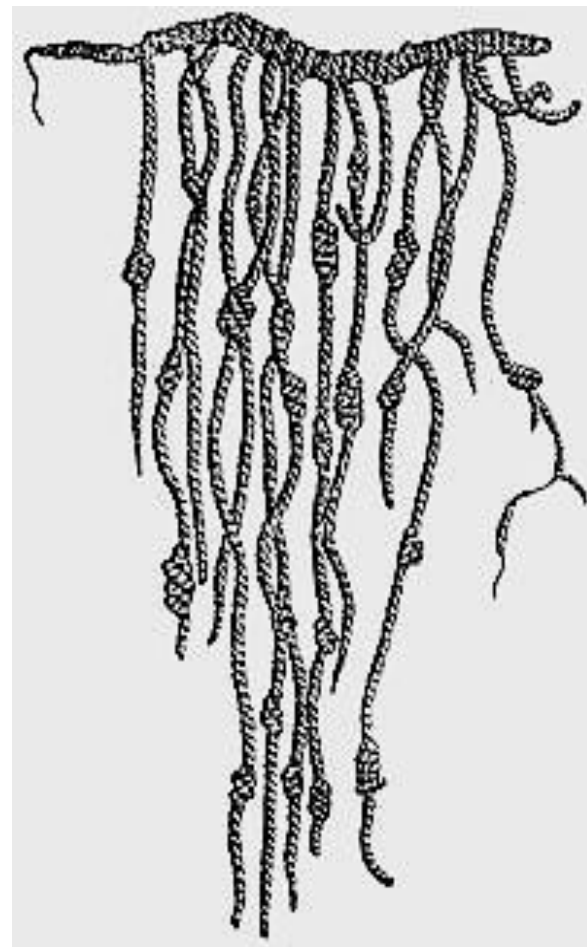


图1.1系统是有关系的集合

- 例如，改锥、钳子、镊子、勺子、叉子、筷子等日常的用品（图1.2）。只有筷子是直接具有系统功能的，最简单系统。改锥、钳子、镊子经过拆解分析也可看作系统，而上述其他工具自身不具有系统特征。但工具类、餐具类等。



- 各行各业的性质不同，对系统有不同的表述，诸如：体系、系统、体制、制度、方式、秩序、机构、组织等。对系统的一般认识：宇宙星系（图1.3）、银河系、太阳系、亚洲国家、张家元素周期表、城市供水系统、城市供暖系统、自行车刹车系统、自行车转向系统、电路系统、机械系统等。

- **工业设计学科是一门由**
 - 科学技术、美学艺术、人机工程以及市场经济、创新思维与表达技能**相结合的边缘学科。**
- **主要处理**
 - 机器与人、环境、社会、文化之间诸矛盾的关系，使之达到平衡与和谐，将产品的内在功能与结构和产品的外在造型与形象有机结合而**实现合艺术规律性与合实用目的性的统一的自由形式。**
- 其学科知识体系结构类似于“钢丝绳”或“麻花”结构，如图1.4所示。
- 因此，学习产品系统设计对工业设计具有特殊意义。



图1.4 “麻花”结构。

1. 2. 2 贝塔朗菲对系统及其基本原理的数学描述

- 认识系统可有三种不同的区分方式：
 - (1) 按照要素的数目来区分；
 - (2) 按照要素的种类来区分；
 - (3) 按照要素的关系来区分。
- 我们将任何一个“复杂”事物的数目、种类、关系认识清楚了，也就认识了复杂事物。（如图1.5）。图中a和b表示不同的复合体。

(1)按照要素的数目来区分；



(2)按照要素的种类来区分；



(3)按照要素的关系来区分。



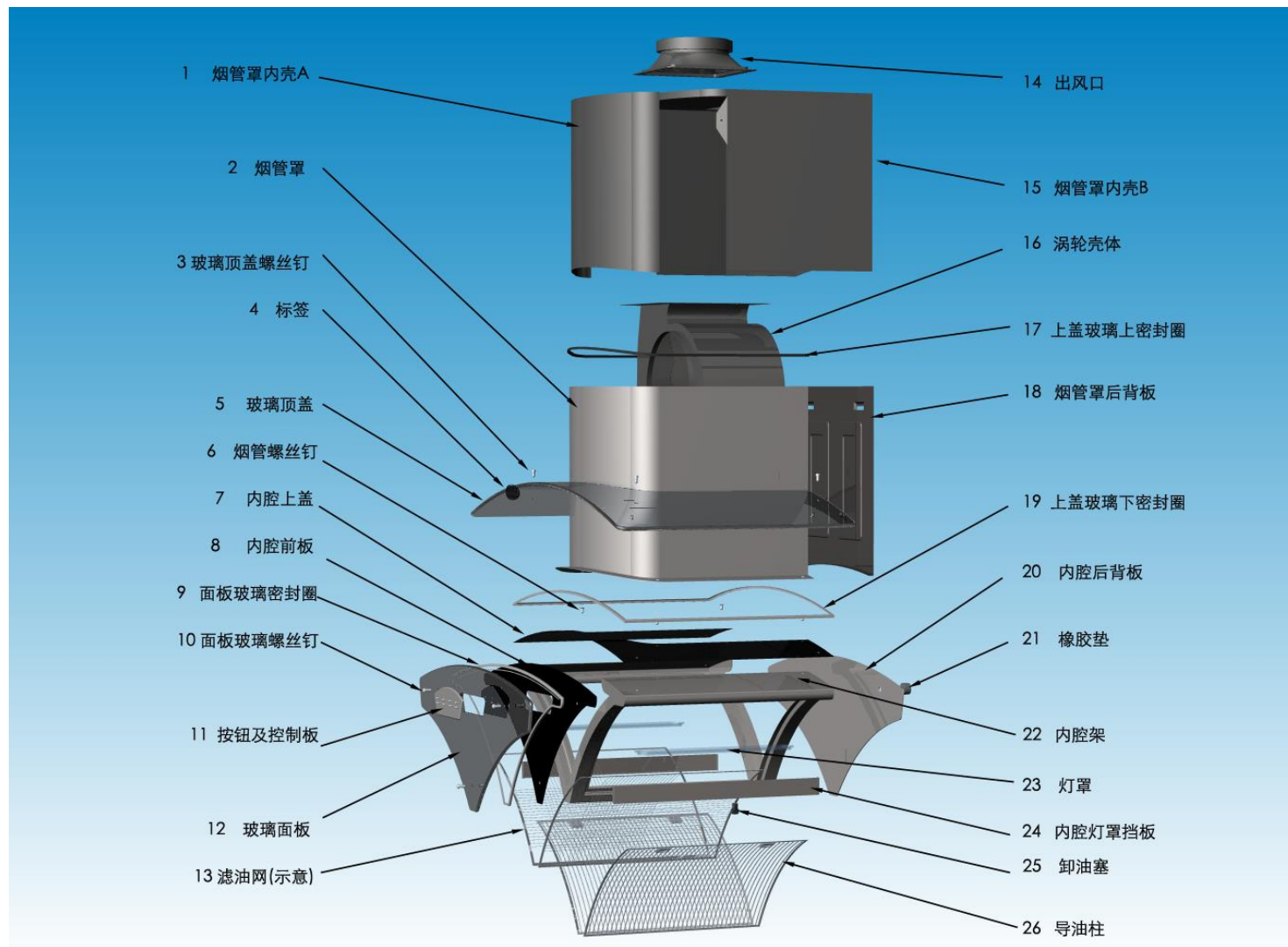
图1—8一个“复杂”事物的数目、种类、关系

图1.5 (1)a数目与b数目不同, (2)a种类与b种类不同, (3)a关系与b关系不同

1.3 系统的组织

- 系统的组织体系主要包括
 - 系统要素、结构、子系统、系统层次等。
- 1.3.1 系统要素
 - 1.3.1.1 系统由要素组成
 - 要素是系统的最基本的成分，因此，要素也就是系统存在的基础。
 - 一般地说，系统的性质，是由要素决定的，有什么样的要素，就有什么样的系统。
 - 要素：中心要素，非中心要素。
 - 认识产品系统要素的办法之一是分解产品为零件或部件。并对零件或部件的功能、结构进行比较。

例如图1.6，吸油烟机产品系统的零件要素。



1.3.1.2 系统的性质由要素决定

- 系统的性质，是由要素决定的，有什么样的要素，就有什么样的系统。
- 当汽车的外观组成要素大量采用相对柔性的“曲线”和“曲面”要素时，汽车的造型表现出流畅、华丽、高贵、柔美的产品流线造型风格特征(图1.7)。
- 当汽车的外观组成要素大量采用相对硬朗的“直线”和“平面”要素时，汽车的造型表现出刚烈、硬朗、有力的产品造型风格特征(图1.8)。



图1.7阴柔、华丽的产品造型风格



图1.8阳刚、硬朗的产品造型风格

1. 3. 2系统结构及其特性

■ 1. 3. 2. 1 系统结构

- **系统结构**是指系统内部各组成要素之间的相互联系、相互作用的方式或秩序，即各要素在时间或空间上排列和组合的具体形式。
- 结构是对系统内在关系的综合反映，
- 是系统保持整体性及具有一定功能的**内在依据**。
- 系统的性质取决于要素的结构，结构的好坏是由要素之间的协调作用直接体现出来的。
- 系统的性质取决于要素的结构。
- 例如，树的系统结构将四个组成部份：树根、树干、树枝、树叶自下到上按有机生长规律排列。图1.9树的有机生长规律反映了树的结构。



图1.9树的有机生长规律反映了树的结构

- 例如，大众汽车公司PQ35平台上采用不同车身结构设计生产出了两厢（见图1.10）和三厢宝来轿车、途安小型MPV、开迪货运车、小型SUV-TIGUAN（见图1.11）、速腾、明锐、高尔伏等众多车型。

- 例如，现在的移动通讯系统，包含了各个要素，其中包括手机、中继站、卫星传送等。

- 例如，造型的结构形式：

- 统一与变化、比例与尺度、均衡与稳定。



图1.10大众高尔伏



图 1.11大众TIGUAN



大众汽车EOS



大众汽车尚酷



速腾

认识产品结构的方法之一是分解与组装产品

- 产品系统的结构是产品零部件相互联系、相互作用的方式或秩序，即各零部件在时间或空间上排列和组合的具体形式。
- 认识产品系统结构的办法之一是分解与组装产品，如图1.12产品结构解剖。

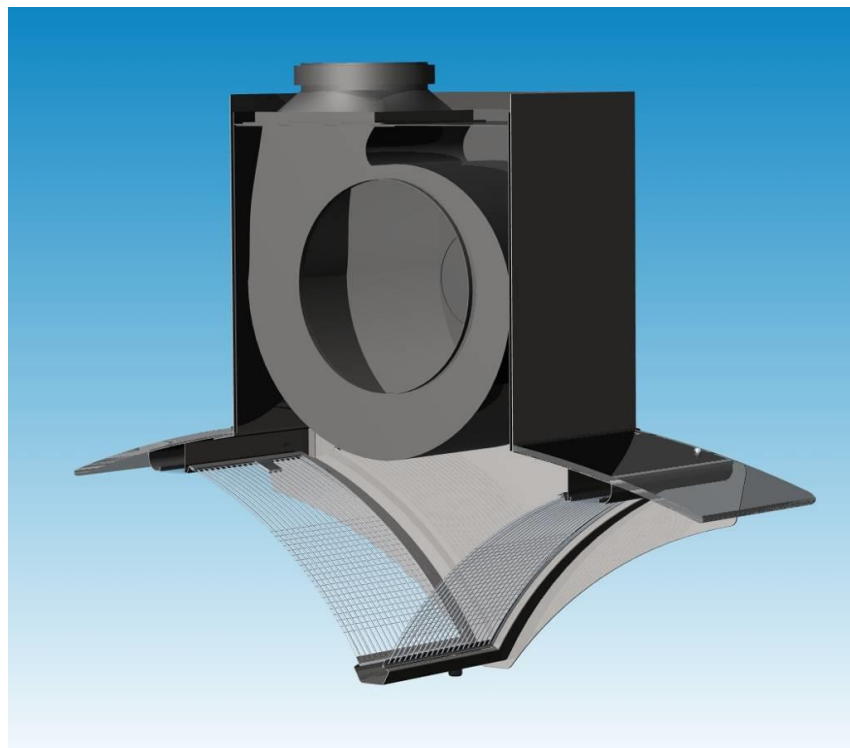


图1.12产品结构解剖

1.3.2.2 系统结构特性

- 系统结构具有以下3个基本特性：
 - 有序性、协调性、稳定性。
- (1) 有序性
- 任何系统都是按照一定的时空状态体现出来的。
- 有序性是客观事物存在和运动中表现出来的稳定性、规则性、重复性和相互的因果关联性，
- 而无序性则表现为不稳定性、不规则性、随机性和彼此间的相互独立性。
- 例如，矩阵结构所表现出来的有序性。
- 矩阵结构是在整个系统内部关系不明确的情况下、只单纯表示单位与单位之间的关系（见图1.13）。

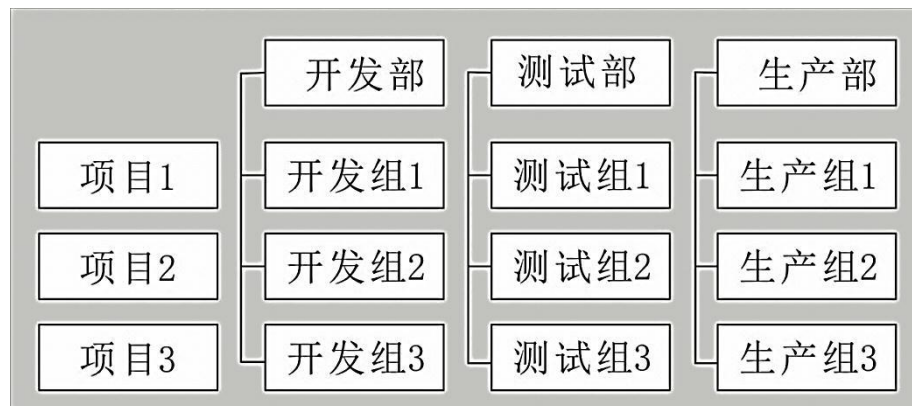


图1.13矩阵结构

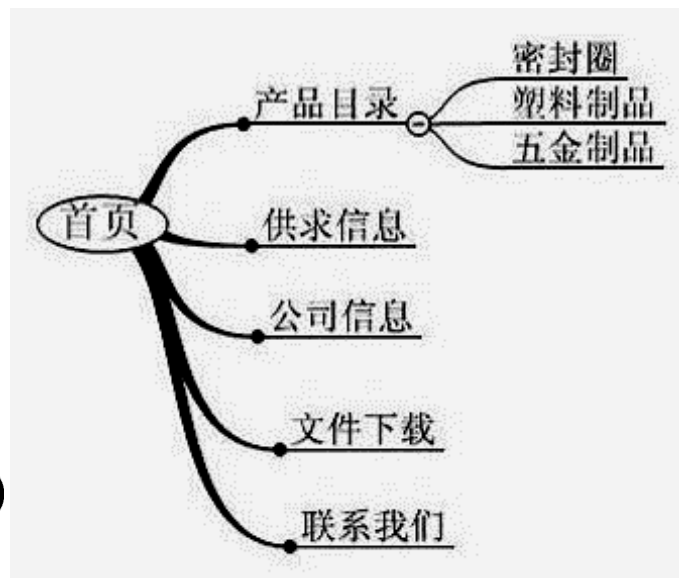
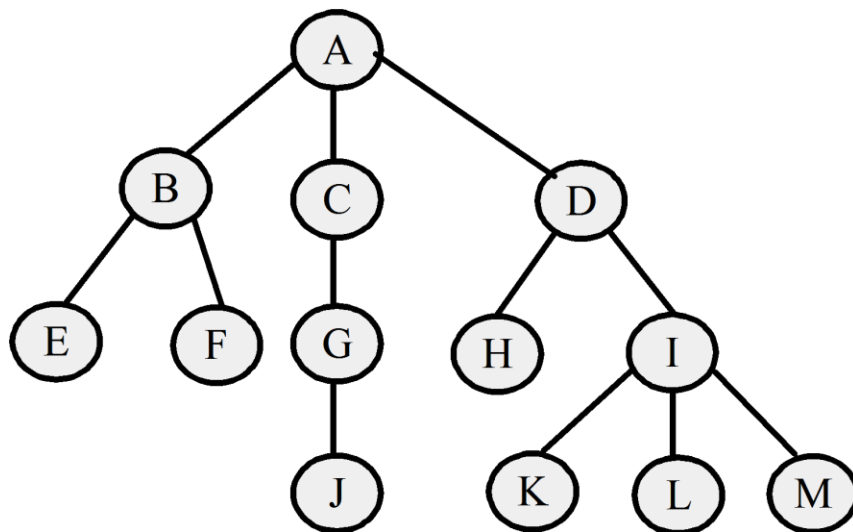


图1.14树形结构

- **树形结构所表现出来的有序性。**
- 树形结构指的是系统元素之间存在着“一对多”的树形关系的系统结构。
- 树形结构是将各单位按级别分层，构成体系，表示为概括性的形态，最下层的单位即要素，分别独立，每上一层级的单位必须包含若干下一级单位，构成该层级的体系，即子系统(图1.14)。
- 树形结构在许多方面都有应用。可表示从属关系、并列关系。

- **网络结构**所表现出来的有序性。
- 网络结构是单位之间仅存在概念性的相互关系，表示集团或群体的存在(见图1.15)。

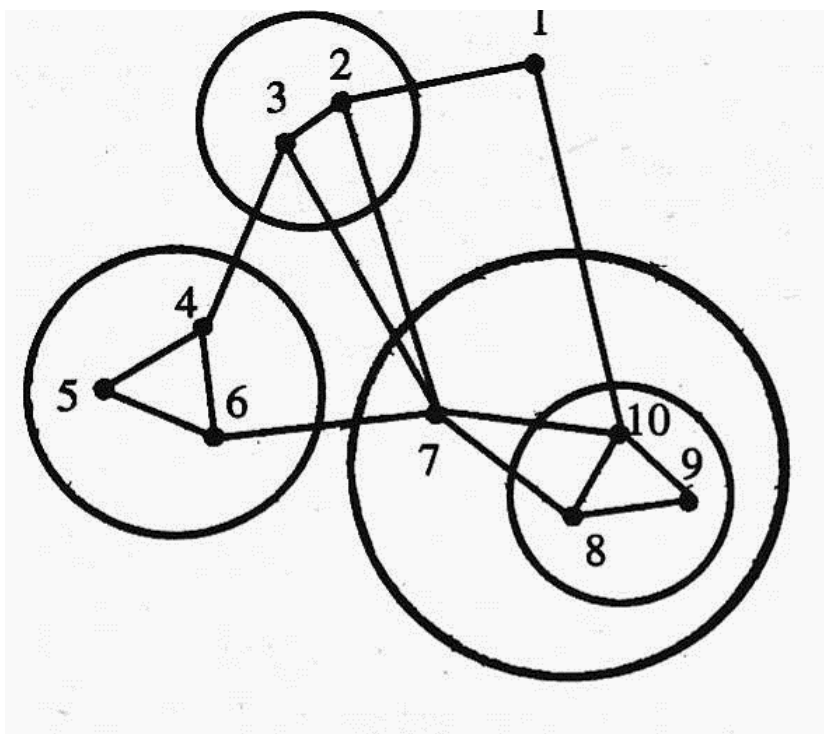


图1.5网络结构

(2) 协调性

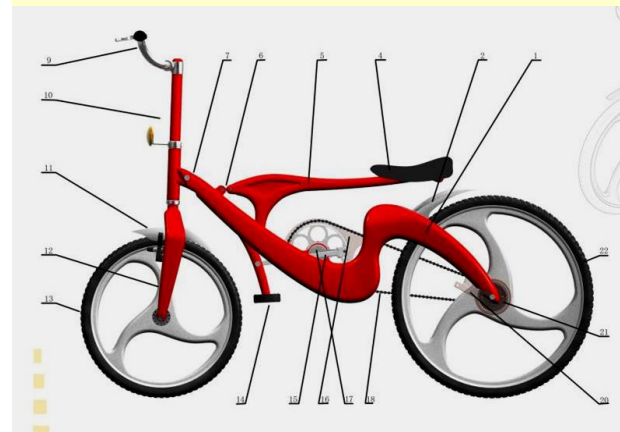
- 协调性是一种运动、动作连续变化的平衡艺术。
- 系统结构在时空上的有序性，使系统诸要素之间的相互联系和相互作用，形成了一个有机的、协调的整体。
- 它使系统中各要素失去了孤立存在的性质和功能，要素之间形成了相互依存的动平衡关系。
- 系统的性质取决于要素的结构，结构的好坏是由要素之间的协调作用直接体现出来的。

图1.16 自行车



例如，自行车刹车系统的协调动作：手刹-闸把-闸线-闸皮-抱紧轮圈-停车，反映了自行车刹车系统结构的有序性，形成一个和谐的协调性整体，控制整个自行车系统的正常运行。

例如，自行车与健身车的构成要素基本相同，但由于结构组成方式不同，其产品的功能、性能大不相同。图1—21自行车，图1.17健身车的构成。



■ (3) 稳定性

- 系统结构的有序性和整体性，会使系统内部诸要素之间的作用与依存关系产生惯性，即显现出动态平衡态，维持着系统的稳定性。
- 当稳定性破坏，或系统构造有问题时，系统的功能就无法正常发挥。
- 例如，移动通讯系统，在网络的作用下，系统中各要素按某种秩序形成一个整体，各要素间保持着依存的关系，而且这种关系是稳定的和相互作用的。当手机的需求量增加，系统就必须扩容，负载能力加强了，反过来又会促进系统结构趋于优化。无论是哪个环节发生变化，其它环节必然与之相适应。这就是系统内部通过涨落保持稳定。

1.3.3 子系统

- 1.3.3.1 子系统是一种模块元素
- 复杂大系统的分系统称为子系统。子系统具有局域性，它只是整个系统的一部分。子系统不是系统的任意部分，必须具有某种系统性。
- 子系统的功能由它所包含的元素和模块结构提供。系统的每个部分都应尽可能独立于系统的其他部分。
- 设计子系统提供了一种在设计模型中表示构件的理想方法：它们是用来封装许多类的行为的设计元素，并且只能通过它们所实现的接口访问它们的功能（构件就是这样）。

1.3.3.2 子系统设计规则

- 为确保子系统在模型中是可互换的元素，需要执行以下几条规则：
 - ①子系统不应暴露自己的任何内容，也就是说，子系统所包含的元素都不应有“公有”的可见性；
 - ②子系统外部的元素都不应依赖于子系统内部特定元素的存在；
 - ③子系统只应依赖于其他模型元素的接口，因此它不直接依赖于子系统外部的任何特定模型元素。
-
- 例如，电脑主机由CPU、显卡、硬盘、主板、机箱、电源、光驱、内存等几个子系统组成（图1.18）。

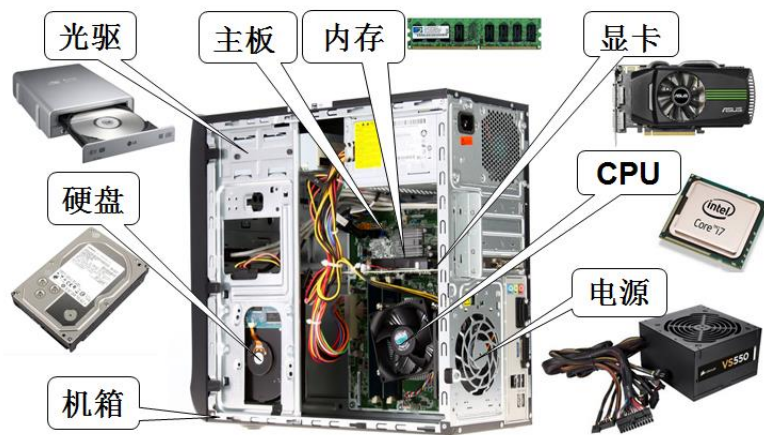


图1.18电脑主机的子系统

1.3.3.3 大系统分为子系统的条件

- ① 一种最简单的情形是，由于系统规模太大，必须对元素“分片”管理，因而把整系统或母系统分为若干子系统(subsystem)，或分系统。
- ② 当系统的元素很少、彼此差异不大时，系统可以按照单一的模式对元素进行整合。
- ③ 当系统的元素数量很多、彼此差异不可忽略时，不能够再按照单一模式对元素进行整合，需要划分为不同的部分，分别按照各自的模式组织整合起来，形成若干子系统，再把这些子系统组织整合为整个系统。

1.3.3.4 子系统与元素的差异

- 应当区分元素和子系统。元素也是系统的组成部分，但本质特征是具有基元性，相对于给定的系统它是不能也无需再细分的最小组成部分，元素不具有系统性，不讨论其结构问题。
- 子系统具有可分性、系统性，需要且能够讨论结构问题。有些子系统可以只有一个元素，子系统对母系统具有相对的独立性。
- 元素和子系统都是系统的组成部分，简称组分。

1.3.4 系统层次

- 层次在自然界中是一个容易理解的概念，观察地形地貌，在地形断裂处可以观察到随时间而积淀形成的不同地质层，通过地层对比，可以建立广大地区地层的年代顺序系统。
- 系统的层次是系统内部的等级秩序，也是对系统内部组织阶段性认识的反映。

1.3.4.1 系统的层次是系统内部的等级秩序

- 层次是指系统内部在结构或功能方面的等级秩序，是人们对复杂系统处理方式的基本方法。层次具有多样性，可按系统的质量、能量、运动状态、空间尺度、时间顺序、组织化程度等多种标准划分。
- 例如，企业标准在产品质量等级分类时，把产品实际达到的质量水平与规定的质量标准进行比较，凡是符合或超过标准的产品称为合格品，不符合质量标准的称为不合格品。合格品中按其符合质量标准的程度不同，又分为一等品，二等品等等。不合格品中包括次品和废品。

1.3.4.2层次是对系统阶段性认识的反映

- 层次是事物发展的阶段性，客观矛盾的各个侧面、人们认识和表达事物的思维过程在系统认识与理解过程中的反映，体现着人们对系统认识发展的步骤。对于同一个系统，可以有不同的层次划分。
- 例如，思想家马克思和恩格斯把人的需要分成生存、享受和发展三个层次。人们的生存需要、享受需要和发展需要的满足既取决于生产力水平，也取决于一定的经济制度。
- 美国心理学家马斯洛在《动机与人格》一书中提出了人的需要有七个层次：一是生理需要，二是安全需要，三是归属和爱的需要，四是自尊的需要，五是求知的需要，六是审美的需要，七是自我实现的需要。

1.3.4.3系统层次是对复杂系统结构的一种组织和规划

- 通过对系统的层次划分、组织和规划，可以实现对系统的高效管理、运行和维护。
- 例如，《中华人民共和国公务员法》规定，公务员职务分为领导职务和非领导职务。领导职务层次分为：国家级正职、国家级副职、省部级正职、省部级副职、厅局级正职、厅局级副职、县处级正职、县处级副职、乡科级正职、乡科级副职。

1.4 系统功能与系统环境

■ 1.4.1 系统功能

■ 系统功能

- 如果把系统内部各要素相互联系和相互作用的方式或秩序称为系统的结构，那么与之相对应，
- 把系统与外部环境相互联系和作用过程的秩序及能力称为系统的功能。
- 功能是指系统在运行过程中所具有的效用和表现出的能力。效用即指用途，能力一般包含性能指标。
- 对于产品的功能来说，当顾客询问一件商品能做什么用时，回答则是产品的功能。产品的命名多以功能冠名，如剃须刀、菜刀、理发剪刀、指甲剪刀等。
- 产品只有具备某种特定的功能才有可能进行生产和销售。

- 功能若失效，产品必须修理，否则产品也就报废了。
 - 功能减弱、功能不足、功能过时都会促使产品淘汰。
 - 失去了功能，产品就成了废品！
-
- 功能是一个过程，体现了系统对外部作用的能力，
 - 因而是由系统整体的运动表现出来的，是系统内部固有能力的体外体现，它归根到底是由系统内部结构决定的。
-
- 系统功能的发挥，既有受环境变化制约的方面，又有受系统内部结构制约和决定的方面。

1.4.2 系统环境

- 一般把系统之外的所有事物或存在称之为该系统的环境。
- 环境是系统存在的外部条件。环境对系统的性质起着一定的支配作用。
- 系统的整体性是在系统与环境的相互联系中体现出来的。
- 系统和它的环境之间，通常都有物质、能量和信息的交换。
- 典型的系统运行功能环境如图1.19所示。

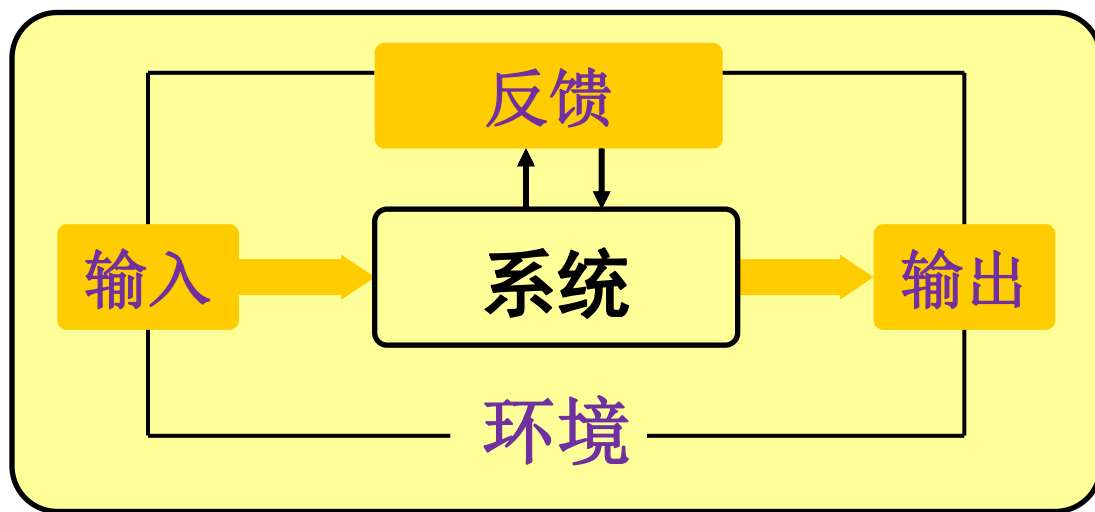


图1.19系统运行功能环境图

- 系统通过边界与周围环境相分离，而成为一种特定的集合，又通过输入和输出信息与周围环境相联系。在输入与输出之间有一个转换的过程，系统的作用也就在此。
- 因此，一个系统不是孤立地存在的，它总要与周围的其它事物发生关系。使物质、能量或信息有序地在系统中流动、转换，系统接受环境的影响（输入），同时又对环境施以影响（输出）。

- 在现代产品设计中，环境包括3个重要组成部分。
- (1) 自然环境 包括资源环境、生态环境和地理环境。
- (2) 社会环境 包括民族、文化背景、社会制度、政府政策、国际关系等方面。由于现代高科技产品通常都会给社会带来深刻的影响，因此上述社会因素也必然对产品的生产或使用发生促进或制约效果；由于现代产品大量参与国际大市场的竞争，因此市场环境成为产品开发的重要因素；由于产品的对象是人，因此人们的消费观念始终对产品的发展起导向作用。
- (3) 技术环境 包括设施环境和协作环境。如大型客机的地面导航系统，船舶的卫星定位系统等。而像高速公路、加油站之类，则成为今天汽车运行的基础设施。现代产品的运作还需要大量的周边技术协作，如材料与燃料的供给，废弃物的回收等等。
- 例如，吸油烟机产品系统环境为厨房系统（图1.20）。

- 例如,吸油烟机产品系统环境为厨房系统(见图1.20)。
- 厨房系统环境在烹饪时会有油烟污染厨房系统环境,吸油烟机的主要功能是将厨房系统环境的油烟排到厨房系统建筑物之外的大环境中。对大环境而言,这种吸油烟机的功能还需要改进,以使油烟在排到厨房系统建筑物之前被吸油烟机过滤。



图1.20厨房系统环境

1.5 系统的属性

- 系统的属性主要表现为：整体涌现性、规模效应、结构效应、系统的层次性。

■ 1.5.1 系统整体涌现性

- 系统整体才具有的孤立的部分及其总和不具有的特性，称为系统整体涌现性(或称突现性)。
- 例如，单个物质分子没有温度、压强可言，大量分子聚集为热力学系统，就具有可以用温度、压强表示的整体属性。
- 单个轮子不可骑而单轮车却表现出来可骑的性质称其为系统整体“涌现”性（见图1.21）。



图1.21 系统整体涌现性

单个轮子

单轮车

1.5.2 系统的规模效应

- 组成系统要素的**数目和结构**复杂程度细分多少，代表系统的规模。**规模大小不同所带来的系统性质的差异，称为规模效应。**
- 例如，数量巨大的沙子堆积形成的沙漠所产生的规模效应。
- 规模效应在经济学上称为规模效益。

1.5.3 系统的结构效应

- 不同的结构方式，即组分之间不同的相互激发、相互制约方式，产生不同的整体涌现性。
- 典型例子是同样的原子成分按照不同自构方式经过化学反应形成性质不同的分子。
- 由同样的成员组成的企业按照不同方式组织和管理，可能产生截然不同的生产效益。这是企业管理的结构效应。
- 系统的整体属性也取决于组分的特性，一定的整体性要以一定的组分属性为基础。并非任意的元素经过组织、整合就能产生某种整体涌现性。

1.5.4 系统的层次性

- 复杂系统不可能一次完成从元素性质到系统整体性质的涌现，需要通过一系列中间等级的整合而逐步涌现出来，
- 每个涌现等级代表一个层次，每经过一次涌现形成一个新的层次，
- 从元素层次开始，由低层次到高层次逐步整合、发展，最终形成系统的整体层次。
- 用系统层次属性可以将复杂事物按层次分解为若干简单事物的组合。
- 层次是系统科学的基本概念之一，是认识系统结构的重要工具。

例如，对工业设计进行划分就可以得到如下的层次：

- **(1) 工业品外观设计**，以产品外观形态的整体及外观形态的局部表面的线条、图案、色彩、雕刻装饰设计为主。
- **(2) 工业品造型设计**，以产品的内在结构和外在造型为研究对象，提出比较全面的工业品设计方案。
- **(3) 工业品设计**，对产品的功能、结构、造型、交互界面进行全面系统的研究，对功能给出明确的定义，对结构提出更加合理的配置方案，对造型提出符合功能要求和消费倾向的便于使用的形式，对产品提出新的系统的工业品设计方案。
- **(4) 工业设计**，对工业品提出新的设计方案，对工业品的包装、商标及展示提出富有创意的新的设计方案。
- **(5) 广义的工业设计**，对产品、对商品销售、对传媒、对企业形象、对产品品牌、对产品策划提出全面的富有创意的新的设计方案。
- **(6) 设计（人为事物的设计）**，对人类的各种需要进行研究，对人类的环境、居住、生活、学习、工作、服务、娱乐、体育、旅游、休闲、盛会提出全面的富有创意的新的设计方案。

1.6 系统的特征

- 系统具有如下一些基本特征
- **(1) 多元性。** 系统是多样性的统一、差异性的统一。
- **(2) 相关性。** 也称有序性，即系统中各层次结构应有秩序地工作。系统中不存在与其他元素无关的孤立元素或组分，所有元素或组分都按照该系统特有的、是与别的系统相区别的方式彼此关联在一起，相互依存，相互作用，相互激励，相互补充，相互制约。
- **(3) 整体性。** 系统是二元素以上的集合，是由它的所有组分构成的统一整体，具有整体的结构、整体的特性、整体的状态、整体的行为、整体的功能等。系统是整合起来的多样性，兼具多样性和统一性两个特点。

- 对于一般复杂系统还具有另外一些特征
- **(4) 目的性。**即系统必须完成一种特定的功能，各元素、各子系统既相互协同又制约地达到系统的目的。
- **(5) 动态性。**即系统总是处于相对的稳定状态，而绝对地处于运动状态，随时随地在各种正常或不正常输入与干扰信号下运动。
- **(6) 反馈性。**即根据系统输出功能的情况，系统有从内部机制或外部因素改变控制过程，以改善系统输入等状态的品质。