

第2章 系统设计思想方法

- 人类发展史就是人类创造文明与文化发展的历史。而设计活动也一直伴随着人类的文明与进步在发展壮大。
- 本章主要内容
 - 设计活动分析
 - 设计系统分析
 - 系统设计思想
 - 系统方法论
 - 系统分析法
 - 系统综合法
 - 原型化方法
 - 产品开发系统设计流程

2.1 设计活动分析

- 2.1.1 设计活动
- 就产品设计活动本身来说，
- 经营管理的决策者、
- 产品开发的设计者、
- 批量生产的制造者、
- 市场营销的销售者、
- 消费市场的使用者等
- 都参与和制约着设计行为，影响着产品开发活动，如图2.1所示。

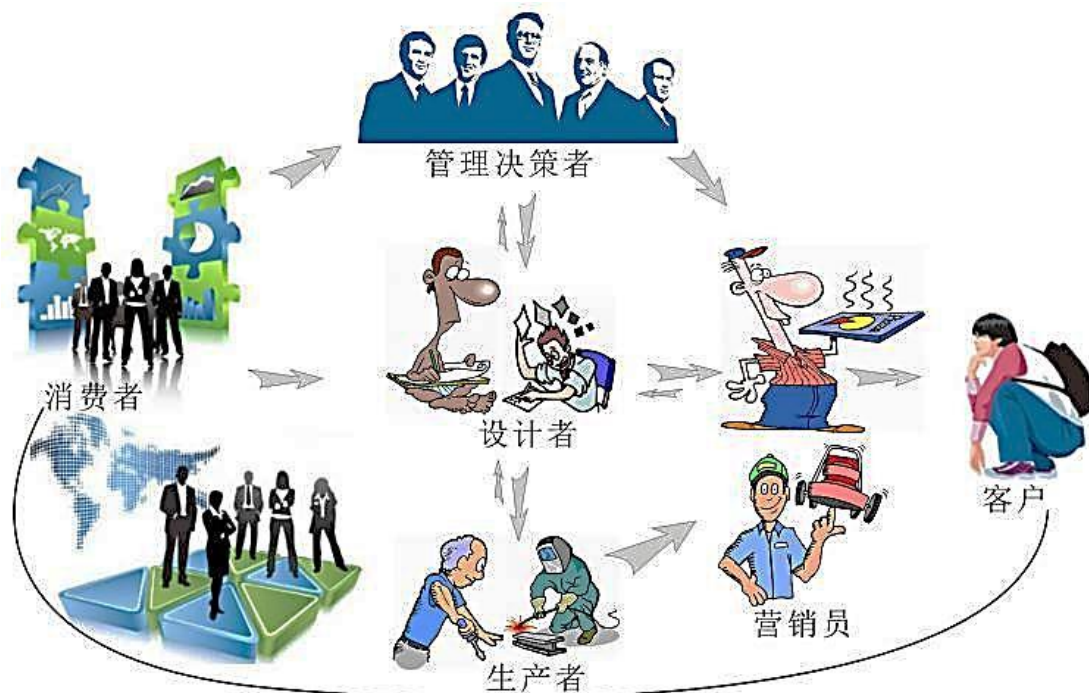


图2.1设计活动

所以说，设计与社会消费行为以及生活方式有关，设计与生产制造息息相关，设计与市场销售唇齿相依，设计与管理决策紧密相连，设计与设计团队的设计能力也有直接的关系。

人类的三种活动方式

- 从设计者的角度来看,人类社会的各项实践活动过程大体可分为三类:设想-设计-实现,如图2.2所示。。
- 第一类活动是设想,是想象中的人为事物。
- 第二类活动是设计,是设计中的人为事物。
- 第三类活动是实现,是实施中的人为事物。

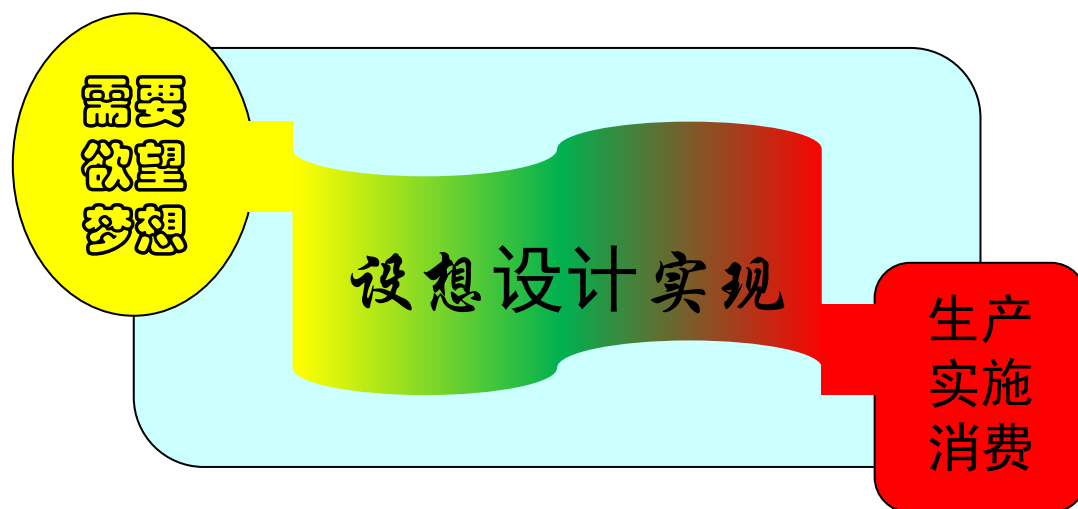


图2.2 人类的三种活动方式：设想-设计-实现

2.1.2设计活动源于消费需求

- 2.1.2.1设计的本质就是需要
- **消费需求**是社会发展的动力和设计诞生的源泉。
- **需要的内容**是功能，
- **需要的形式**是产品。
- **设计的本质**就是需要。
- 当然，**设计对需要也有反作用**。
- 所以说：设计是一种探寻-满足需要-的视觉化活动，（见图2.3）。



图2.3消费市场

人的需要具有以下几个特点

- (1) 需要总是具有特定的内容，总是指对于某种事物的需要；
 - (2) 需要具有多样性和层次性，对于事物的需要表现出差异和不同档次；
 - (3) 需要具有周期性，许多需要能重新产生、重新出现；
 - (4) 需要具有时代性和变化性，需要是随着满足需要的具体内容和方式的改变而不断变化和向更大范围、更高层次发展的。
- 在产品方面，旧产品不断淘汰，新产品不断涌现。这种需要和设计制造（创造）交替的运动推动着人类文明不断向前，向着更高层次的需要方向发展，（图2.4）。

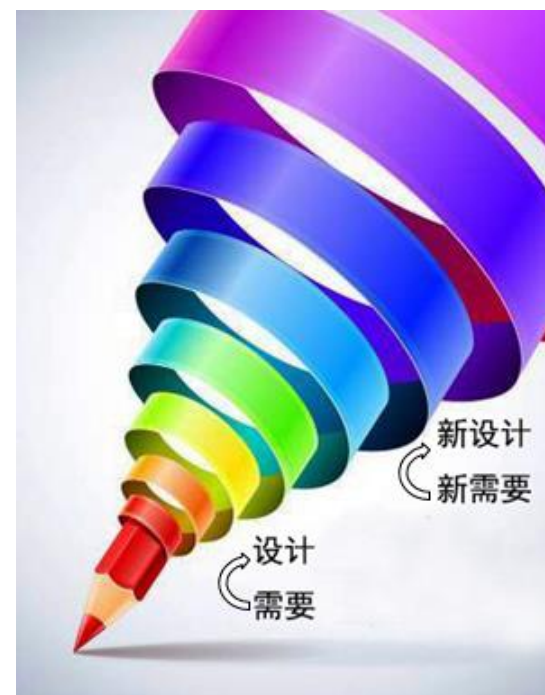


图2.4需要的周期性

2.1.3 设计活动源于设计委托

- 设计活动需要明确的目标，设计活动需要制定设计开发计划和设计活动经费预算，设计活动还需要对设计方案做出审定和终止。上述活动都需要委托者的参与或被领导与决策。
- 设计需要被领导与决策或管理主要由于激烈的市场竞争，产品在由构想变为商品的过程中与策划、管理、生产、销售、市场等许多环节发生联系。所以，设计师必须与各部门相互合作，才能有效完成任务。

2.1.4 设计方案的产生来自于设计心理活动过程

- 设计系统核心设计心理活动是创意构思过程，如图2.5所示。
- 设计方案的产生来自于设计心理活动过程，即**创意、构思、想象**等，而设计心理活动依赖于**对信息的调研、处理、理解和分析**。



图2.5设计师的创意构思活动

2.1.4.1 信息输入过程——设计调研活动

- 信息输入过程，主要包括调研活动、信息搜集分析整理活动。
- 设计活动需要以下的一些基本资料：
- 产品开发委托书，产品的技术功能及特性参数要求，产品技术发展趋势调研资料，产品专利情况，产品流行趋势的分析，市场调研与信息的收集，消费者调查，市场定性分析。在分析评估后根据公司发展的策略，以规划出新产品的整体概念。
- 产品概念形成的过程是
 - 需要依靠设计经验、设计信息的输入，与构思转换的能力，也就是如何将信息情报转换产生市场上有意义的创意方向。

2.1.4.2 信息处理和创意构思活动过程

- (1) 创意构思是设计师最核心的任务,其设计结果的好坏与设计师的美感,创意实力与经验有关!
- (2) 设计需要集体协力合作。产品概念的创意构思过程可以举行群体座谈会,针对现有竞争对手的产品与即将推出市场的设计概念提案,与顾客直接面谈,了解与澄清消费者的需求。

2.1.4.3 信息输出活动过程是展现方案的过程

- 方案表达主要包括
 - 图样表达能力、模型表达能力和设计思想文稿写作能力。
- 设计师的工作是将
 - 设计方案的概念转换成可视化的具体形态。
- 输出过程的主要问题
 - 表现在表达技法的准确与娴熟方面。通过训练可以解决上述问题。

图样表达

模型表达

设计文稿

2.1.5设计问题的复杂性

■ 2.1.5.1需求不断变化

- 一种需求满足之后所带来的多种需求又提出来，旧的需求满足后新的需求又会产生。这种不断变化的新需求的产生使得设计问题日趋复杂，同时也推动着设计向着更新的方向向前发展。
- 消费需求的这种多样性的特征，要求企业做到如下工作。
 - (1) 不断应用高新科技，开发新产品，开发出科技含量高、附加值大的高科技产品。
 - (2) 提高原有产品的功能和质量，进行产品的升级换代。
 - (3) 一方面要提高产品档次，另一方面，进一步降低成本。
 - (4) 增加花色品种、提高可靠性、提高产品附加值、增加产品功能，提高产品性能、改善操作界面、提高产品的外观欣赏价值、最大限度的满足用户个性化需求。

2.1.5.2 设计活动的参与者众多

- 美国学者卡尔T. 尤里奇 (Karl T. Ulrich) 指出：
 - 产品开发是一项综合性的活动，几乎需要企业所有的职能都参与进去，但有三项职能是产品开发项目的中心工作，这就是产品市场营销部门、产品设计部门、产品制造部门。
- **(1) 产品市场营销部门：**它常常帮助企业进行产品机会的识别、细分市场的界定和顾客需求的判断。
- **(2) 产品制造部门：**处于这些职能中的不同的个人常在某些领域获得专门的训练，这些领域包括市场研究、机械工程、电子工程、材料科学、制造运作等其他几种职能，如财务、销售和法律职能，常常以辅助的形式包括在产品开发中。
- **(3) 产品设计部门：**设计的职能在于它会产生最能迎合顾客需求的产品实物形态的定义。在这里，设计的职能包括工程设计(机械、电子、软件等)和工业设计(美学、人性管理学、用户界面)等。

设计问题的复杂性表现在如下两个方面

- 综上所述，设计问题的复杂性表现在如下两个方面：
- ①设计活动发源于对人类需求活动变化的探索和研究，人类各种需求活动变化的复杂性导致设计问题日益复杂，设计目标永远都没有尽头，只能不断地进行再设计；
- ②设计活动的参与者众多：设计活动与生产制造、市场营销、管理决策息息相关。
- 可以看出，设计问题不是简单问题，而是复杂问题。
- 设计活动是一项复杂的系统工程，它受制于产品的生产制造、受制于产品的市场销售、也受制于企业的管理运营。

2. 2 设计系统分析

■ 2.2.1 设计活动系统层次架构

- 设计活动的产生首先来自于**消费者的市场需求**和相一致的企业的商业手段。与企业活动内容相关的**消费者市场需要**信息反馈到**管理决策部门**，**管理决策部门**根据企业发展计划和商业目标，向设计部门下达或委托设计任务，由**设计部门**组织开展**设计活动**：作消费者市场调研和产品信息搜集，进行创意构思，综合评价，进行方案设计，试制使用鉴定。然后，由设计部门**协助生产部门**组织生产，合格产品由**营销部门**推向用户，完成一个设计活动链环。图2.6表示设计活动系统。

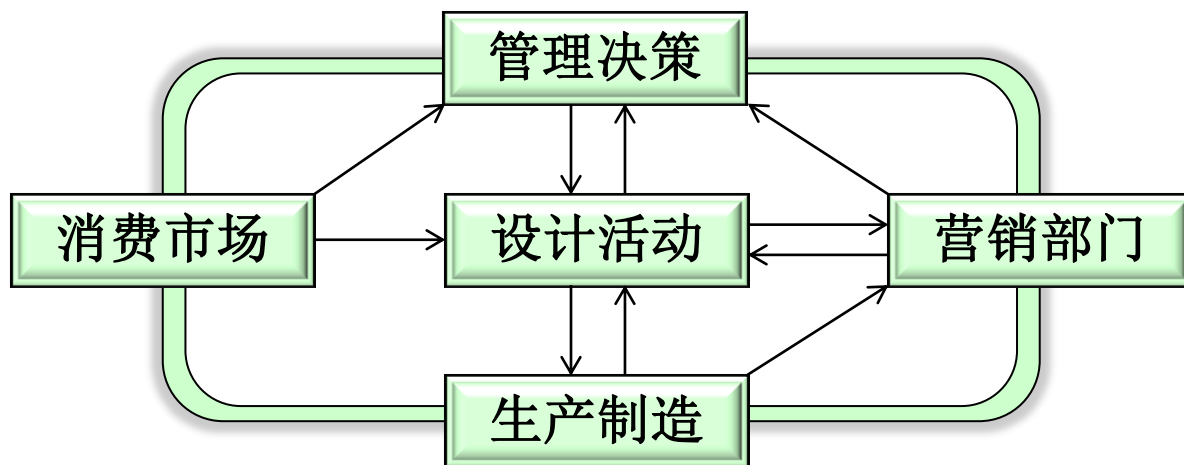


图2.6设计活动系统

2.2.2 主体设计活动和关联设计活动

- 典型的设计活动包括主体设计活动和关联设计活动。
- **主体设计活动**是指组织职能以设计为核心的机构所开展的活动，象以承接委托设计的设计公司或企业内部承担设计开发任务的部门所从事的有关设计业务的活动等。
- **关联设计活动**是指与设计组织的设计业务相关联的其他组织所开展的与设计活动有关或有助于设计活动顺利开展的相关活动，象为设计活动提供使用情况信息的**消费者**、**市场部门**、为设计活动提出设计任务和设计评价以及提供设计经费的**管理决策部门**、为设计活动提供制造技术和加工手段以保证设计质量的**生产制造部门**以及为设计复制品顺利走向消费者而开展促销活动的**销售部门**等所从事的与设计相关的业务活动。
- 主体设计活动和关联设计活动两者共同形成了完整的设计系统。

2.2.3 设计项目团队

- 在现实世界中，很少有产品是由单一个人开发出来的。
- 我们把开发一个产品的所有个人的集合称为项目团队(由销售-设计-制造和其他项目必须人员组成)。团队可以包括一个核心团队和一个扩展团队。
- 为了有效地协调工作，核心团队通常保持较小的规模，以便在一间会议室中开会。而扩展团队则可能有几十人、上百人，甚至上千人的规模。

2.2.4 设计思维活动系统

- 设计思维活动过程主要由三个部分组成，
 - 信息输入过程
 - 信息处理过程
 - 信息输出过程
- 设计思维活动系统模型如图2.7所示。

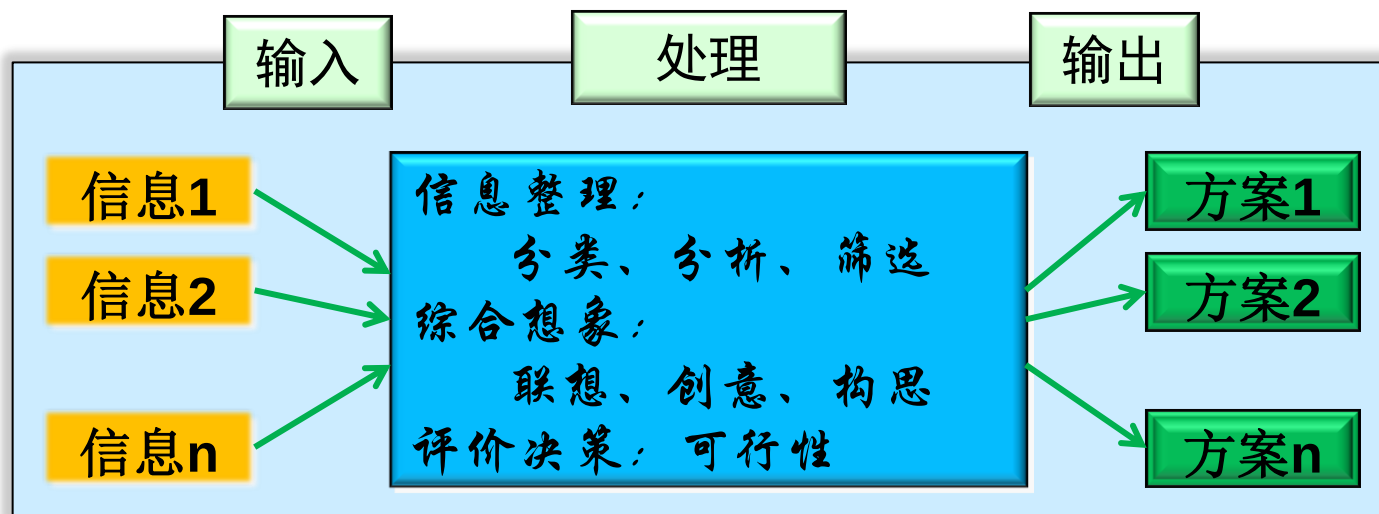


图2.7设计思维活动系统模型

2.2.5 设计系统活动流程

- 主体设计活动系统流程
如图2.8所示。

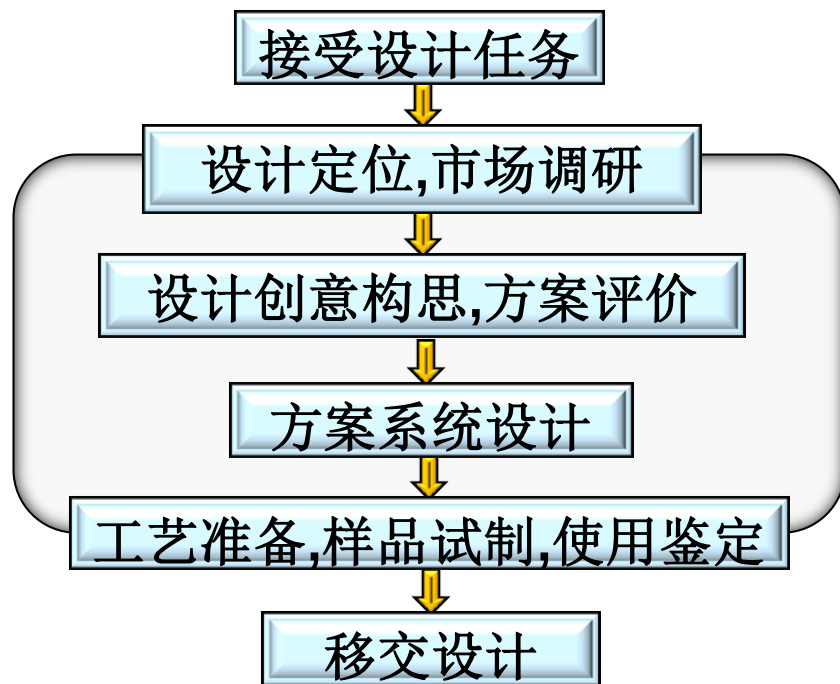


图2.8主体设计活动系统流程

2.2.6 设计活动“需要-设计链”系统

- **需要-设计链：**由于需要在不断发生变化，有需要就会产生设计，旧的需要满足后又会产生新的需要，也会产生新的设计，新的需要不断提出，新的设计活动再次展开，从而形成了需要-设计-新需要-新设计的“需要-设计链”。
- 设计活动需要设计链系统如图2.9所示。

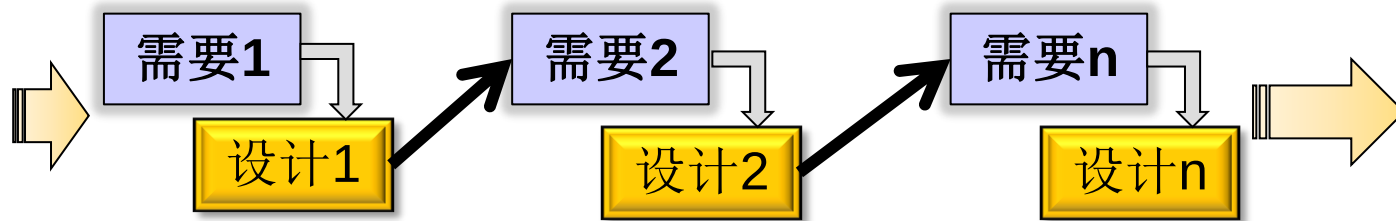


图2.9设计活动需要链系统

2.3 系统设计思想

■ 2.3.1 设计思想与设计作品

■ 2.3.1.1 思想先行

- 中国有句成语“意在笔先”，出自晋·王羲之《题卫夫人笔阵图后》：

- “夫欲书者，先干研墨，凝神静思，预想字形大小，偃仰平直振动，令筋脉相连，意在笔前，然后作字。”凡事预则立，不预则废，这是做事成功的一条准则。

- 产品设计与绘画创作在活动初期的行事方法上有些相似，那就是先要进行构思活动，捕捉一切可能的方案，一当与预期的目标接近就可以将“构思”表达出来，经过反复推敲、斟酌、修改、判断，直到实现了设计目标为止。

2.3.1.2设计作品反映设计思想

- 考察奔驰smart作品来了解其设计思想（图2.10）。该作品所表现的立意优秀的设计思想表现在以下几个方面。
- **（1）功能思想。**梅赛德斯-奔驰1972年提出了一个史无前例的理念：研发2.5米长的超紧凑型轿车。这款车长仅为标准停车位一半的座驾，为解决石油危机、交通拥堵、空间短缺等带来了新的希望。它的功能定位十分明确，这确实是一台城市的汽车：用来代步或者购物的城市代步车。



图2.10奔驰smart

- **(2) 美学艺术思想** Smart中的S代表了斯沃奇(Swatch), M代表了戴姆勒集团(Mercedes-Benz), 这部车代表了斯沃奇和戴姆勒合作的艺术。
- **(3) 人机工学思想** 车子没有离合器踏板, 向前推排档杆就换到高档位了, 而当向后拉排档杆就换入低档。座椅和操作空间及仪表显示均符合人机工学的思想。
- **(4) 安全思想** 该车的最高时速可达137公里, 满足高速120公里/小时的限速要求, 加强的钢铁硬度使它成为了微型汽车级别中最安全的汽车之一。
- **(5) 低成本优化设计思想** 按标准化思想设计的产品, 超过85%的东西可以循环再造。
- **(6) 生态保护及绿色设计思想** smart对环境的危害是很小的, 该车几乎所有的部件都有人造材料。
- **(7) 节能环保思想** 奔驰smart选择了44匹到61匹的小发动机功率, 6速自动变速箱。每100公里仅耗油3.3升, 二氧化碳排放量仅88克/公里, 是名符其实的“低排放冠军”。

2.3.2 系统设计的多元化思想

- **系统设计思想**始终着重于从
 - 整体与部分之间、
 - 整体对象与外部环境之间的
 - 相互联系、相互作用、相互制约的关系中
 - 综合地、精确地考查对象，
 - 以达到整合优化处理设计问题为目的。
- 设计项目的要求是集中反映了各种要求的综合要求。**几乎人类活动的一切思想意识都融入了设计思想的大河，它们组成了产品设计的系统设计思想。**
- 系统设计思想主要由以下几个部分组成：**战略思想、功能思想、人机系统思想、管理决策思想、用户和设计者设计思想**。其中，功能设计思想是指导产品系统设计活动的主导设计思想。
- 所以说，**产品系统设计思想是多元设计思想。**

2.3.3 主要系统设计思想简介

■ 2.3.3.1 战略设计思想

- 战略设计思想也就是宏观环境因素影响下的指导未来10-20年后所需要的工业化产品的设计思想。战略设计思想主要通过产品战略规划和规划的调整来反映。
- 例如，目前各大汽车公司都在开发电动汽车。比亚迪也于2009年的时候在国内投放了其研发的纯电动车型-比亚迪e6和双模电动车-F3DM。如图2.11比亚迪e6，就是典型的战略设计思想的代表作品。



图2.11 比亚迪e6

2.3.3.2 基于功能的设计思想

- 功能设计思想反映了系统设计思想的整体表现，也是“系统设计”整体涌现性的反映。
- 功能设计思想是社会发展的需要，对设计目标的系统要求，是综合了科学技术、美学艺术、社会发展对节能、环保、高效、安全、可持续发展的要求。
- 功能设计思想同时也反映了市场消费需求。所以说，功能设计思想是指导设计活动的系统设计的主导思想。
- 例如，设计师Hyuk-Jae Chang设计了一款名为Ville的将购物车和自行车合二为一的出行工具，可将自行车进行折叠，放下脚踏下的小轮子，就可变成一个购物车。



图2.12 Ville购物自行车

功能设计思想的特点

- (1) 功能问题为思考主线索；
- (2) 克服思维定势和传统观念束缚，是一种发散思维的思维方式；
- (3) 排除产品的不必要功能，这就可能降低产品成本；
- (4) 有助于实现产品良好的实用性及可靠性；
- (5) 把功能分解与造型单元的构造结合起来，提供了一种产品造型设计的思路；
- (6) 突出系统化的思想。

2.3.3.3 人机系统设计思想

- 人机系统设计思想具体反映在产品的人机工程设计中，**为考虑“人的因素”提供如下条件。**
- **(1) 人体尺度参数：**提供人体各部分的尺寸、体重、体表面积、比重、重心以及人体各部分在活动时相互关系和可触及范围等。
- **(2) 人体结构特征参数：**提供人体各部分的发力范围、活动范围、动作速度、频率、重心变化以及动作时惯性等动态参数。
- **(3) 分析人的视觉、听觉、触觉、嗅觉以及肢体感觉器官的肌能特征，**分析人在劳动时的生理变化、能量消耗、疲劳程度以及对各种劳动负荷的适应能力。
- **(4) 探讨人在工作中影响心理状态的因素，**及心理因素对工作效率的影响等。

2.3.3.4 管理决策设计思想

- 管理决策设计思想集中表现在经营战略思想上，那就是做大、做强、占领尽可能多的市场、使自己的企业处于有利于竞争或垄断的地位。
- 例如，吉利集团董事长李书福就是管理决策设计思想的代表。
- **(1) 做大、做强、占领尽可能多的市场**
- 吉利控股集团董事长李书福，1997年吉利集团创建了国内第一家民营汽车制造企业。1998年8月8日，浙江临海，第一辆吉利“豪情”下线，售价3.69万元。2006年8月吉利“金刚”（图3.4）在全国上市，售价在6.68万至8.58万元之间。



图2.13 吉利汽车
“豪情”与“金刚”

图2.14 吉利EC718



- 2009年08月31日吉利帝豪EC718(见图2.14)接受预订1.8L旗舰型11.18万元。
- 2009年08月31日吉利提交标书购富豪(Volvo)汽车。
- 兰州、湘潭、上海和路桥基地分别生产自由舰、远景、帝豪、金刚，济南工厂将投产第一款排量为2.4L的中级车GEELY GC，成都的车型则定位于2.0L、2.4L，以及今后3.5L的suv。
- 2010年，吉利的新车集中爆发，出自经济型平台、分为两厢、三厢的A0级轿车，基本型轿车平台的家用型MPV，以及混合动力车型都会相继投放。
- 除了整车，吉利已经装上了自主开发的CVVT发动机和自动变速箱。
- 截至2016年，吉利汽车已经形成庞大的系列：熊猫、优利欧、吉利SC5-RV、吉利GX5、豪情SUV、帝豪EC8、EC7、英伦、自由舰、远景、金刚、美人豹、吉利GS、吉利EX7、吉利GE、中国龙、博瑞、博越等，(图2.15)。

管理决策设计思想的展现——吉利系列汽车



图2.15管理决策设计思想的展现——吉利系列汽车

(2) 跟风领先者

- 管理决策者在做大、做强、占领尽可能多的市场，与行业领先者竞争主要采用风尚设计思想，即跟风领先者、紧盯时尚风格的经营战略思想。
- 例如宝马SUV车型X3在市场表现出色，大众公司、奔驰公司马上跟风，奔驰推出紧凑级GLK小型豪华越野车、大众公司推出Tiguan等对等的SUV车型跟风。大众公司的U型前脸造型在市场被大家看好，许多汽车公司紧盯时尚风格，纷纷推出各公司的变形U型前脸造型（图2.16）。



图2.16时尚U型前脸造型风格

2.3.3.5 消费者的设计思想

- 用户也就是消费市场的使用者对设计目标的要求是性能好、功能完善、外观美、使用操作方便、价格合理。消费者的设计思想可以通过产品的市场表现反映出来。由于消费者的消费层次不同，消费者的设计思想也表现出高、中、低来。
- 例如图2.17所示的一汽大众2005版caddy-开迪多用途车虽然起用成龙代言推销，但由于外观不爽、小量货运投资太大，销量太低而停产。



图2.17 一汽大众2005版caddy-开迪多用途车



图2.18车铃

- 消费者的心意是其中一款正合他意。
- 例如图2.18所示车铃的系列化产品设计充分满足了各类消费者的多样化需求。

2.3.3.6设计者的设计思想

- 设计师和设计项目团队自身对设计目标的要求是
 - 最大限度满足商家和使用者的要求，
 - 最大限度满足宏观环境因素的要求。
 - 同时，最大限度发挥设计者（设计师和设计项目团队）的创意、设计修养和艺术修养，
 - 充分展现设计才华和设计价值，
 - 使科学性和艺术性在设计作品中得到完美的体现，
 - 实现功能与形式的辩证统一。
- 例如，图2.19所示的意大利法拉利汽车公司的**玛莎拉蒂总裁轿车**和**马自达新概念汽车**，追求新、奇、特是设计师的主要设计思想表现，外观充分展现设计师对汽车的科学性和艺术性完美统一的设计思想。
- 例如图2.20所示的**丰田IQ**和**丰田汽车新概念**，追求新奇完美是设计师的主要设计思想表现。
- 如图2.21**仿生型吸油烟机**，图2.21多元设计思想指导的**毕业设计**。



图2.19玛莎拉蒂总裁轿车和马自达新概念汽车



图2.20 丰田新概念汽车和丰田IQ汽车

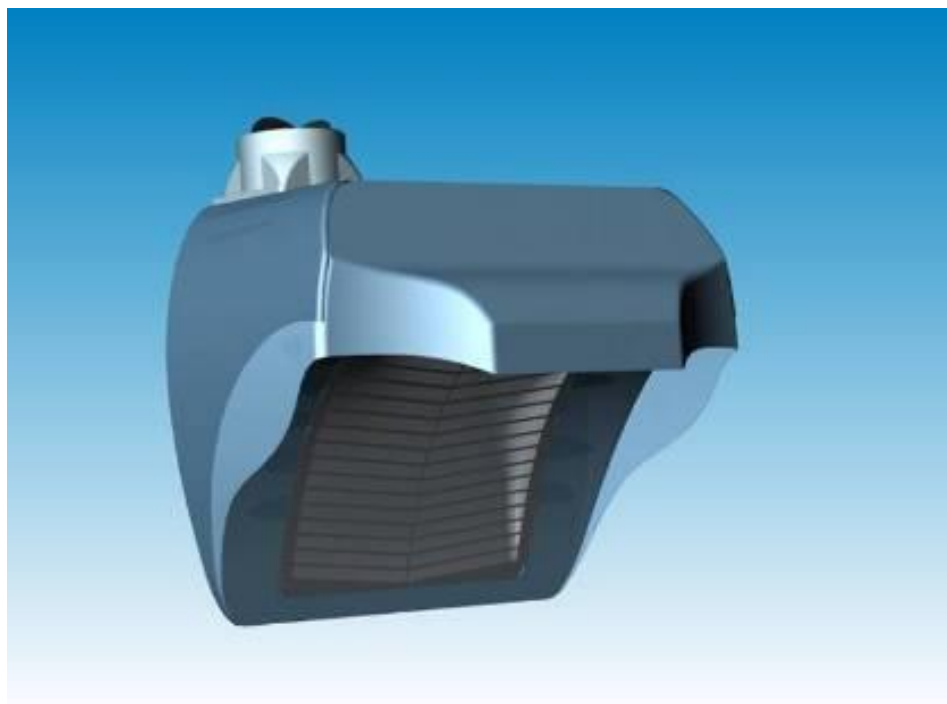


图2.21仿生型吸油烟机



图2.22多元设计思想指导的毕业设计

2.3.4 系统设计思想的本质

- 系统观与定位观就是系统设计思想的本质。

■ 2.3.4.1 系统观

- 系统论的设计思想是全部因素和全部过程的系统考虑，其核心是把设计对象以及有关的设计问题，如设计程序和设计管理、设计信息资料的分类整理、设计目标的拟定、人—机—环境系统的功能分配与动作协调规划、功能-结构-造型的协调等等，视为系统，然后用系统方法分析和综合加以处理和解决。

■ 2.3.4.2 定位观

- 所谓定位观，即将产品纳入关联产品群（产品族）并与竞争对手相对照来分析、思考、构想，而不是孤立地来认识、分析、思考、构想。

- 例如，图2. 23六家汽车公司通用、现代、本田、宝马、福特、大众，他们分别推出各自的中高级汽车产品：**别克君越**、**现代索纳塔**、**本田雅阁**、**宝马3系**、**福特蒙迪欧**、**大众帕萨特**。每家公司都是依据其它公司的中高级汽车产品来区分和确定本企业的产品，这就是定位观在产品设计中的具体体现。同时，在本企业内部，每一个产品的款型都要受到与之相关本企业其它产品的制约。



图2. 23中高级汽车产品定位

2.3.5 系统设计思想方法的特点

■ 2.3.5.1 整体性

- 整体性是系统论思想的基本出发点，即把事物整体作为研究对象，从事物(系统)的整体出发，着眼于系统总体的最高效益，而不只局限于个别子系统。以增强系列产品的灵活性、统一性和持久性。同时，系统设计还强调产品在造型、色彩等形象因素上的统一，以保证使用环境获得秩序感（图2.24和图2.25）。



图2.24厨房（L型）
系统设计的整体厨房

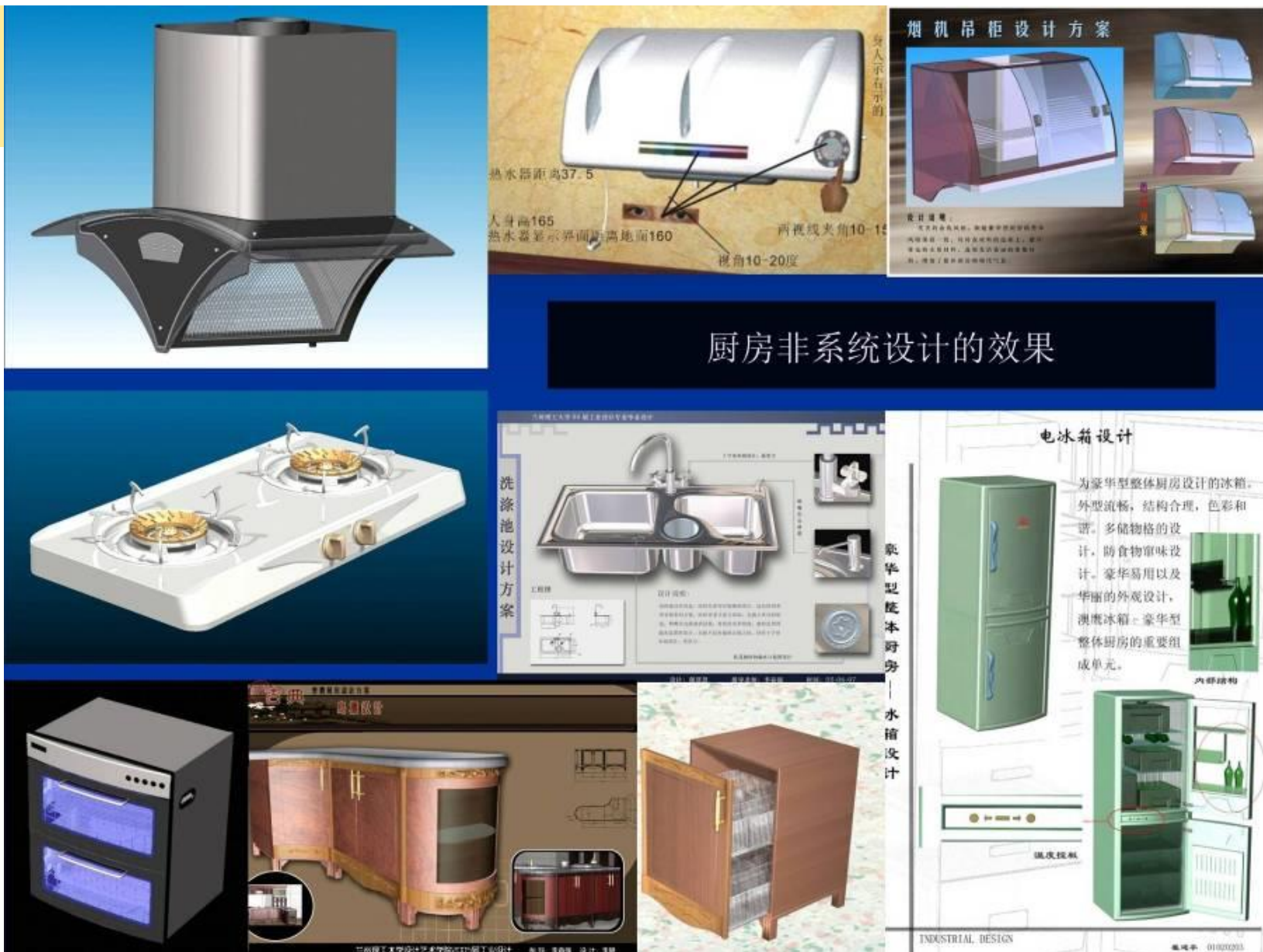


图2.25厨房非系统设计的效果

2.3.5.2综合性

- **综合性**有两方面含义:①任何系统都是一些要素为特定目的而组成的综合体,如汽车就是操控驾驶、发动机、底盘、内饰、外型等组成的综合体;②对任何事物的研究,都必须从它的成分、结构、功能、相互联系方式等方面进行综合地系统考察。
- 例如,汽车的高加速性与低油耗的系统思考就具有综合性。标致307的两厢车改成三厢车(图2.26),要综合考虑车头、车身的造型。否则,车尾很多时候都不协调,似乎硬是把它拉伸出来的。



图2.26标致307

- 产品的设计过程包括了分析、创造、综合、发展、表达、反馈等阶段。科学的设计方法立足于系统地、动态地解决设计过程中出现的各类课题，系统的设计方法可以产生具体、明确的步骤和有针对性的解决方法（图2.27）。

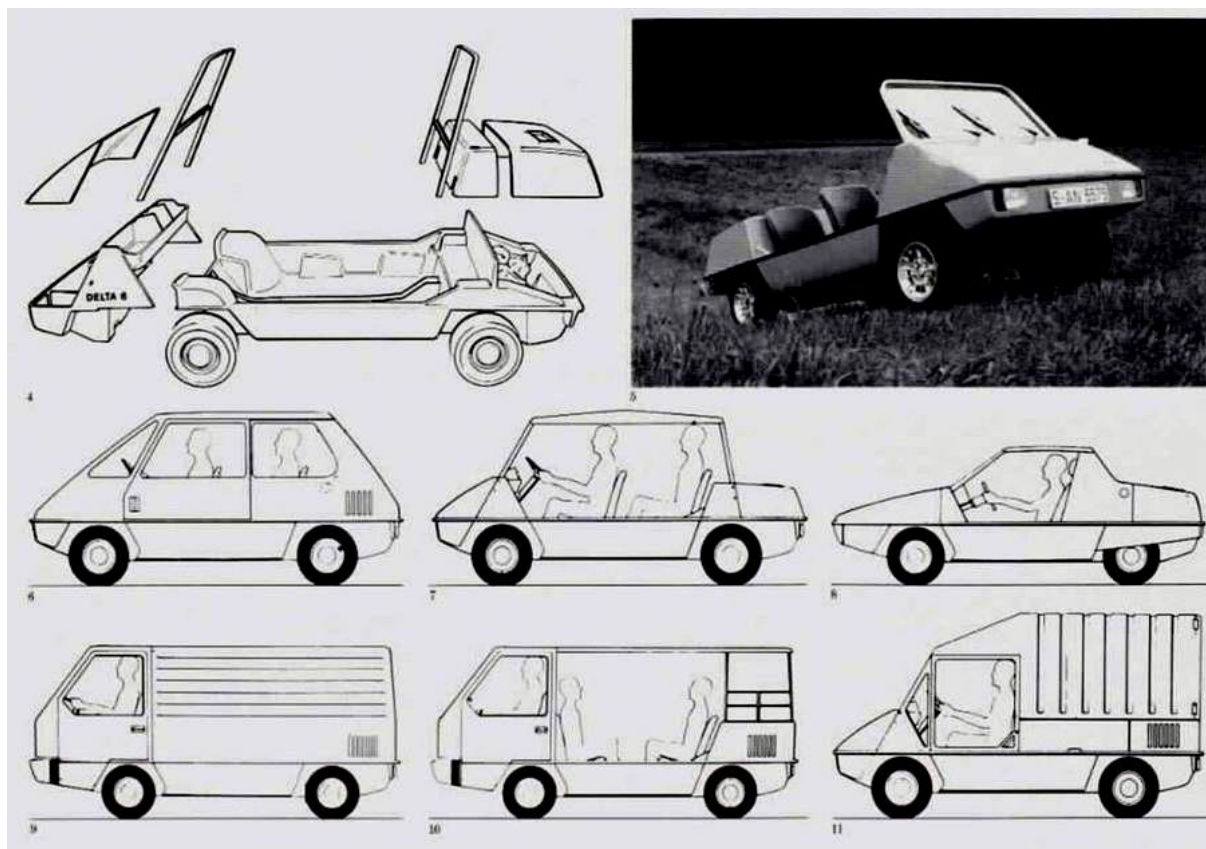


图2.27系列化
产品的综合性

2.3.5.3 精细化

- 对产品的每个组成要素按照产品系统整体来审视，来要求，不放过每个细节，特别是影响整体的细节。
 - 对组成产品的各个部件、产品的外观都要进行精细化设计。
 - 对组成部件的产品零件要素也要进一步细分为零件的材料、结构、造型、表面处理、色彩等，且保证上述零件要素与产品整体符合功能与结构要求，都要进行精细化设计，而且达到和谐的程度。
- 例如，区别汽车车型主要看细节和精细化程度。

2.3.5.4 最优化

- 所谓最优化就是取得最好的功能效果，即达到选择出解决问题的最好方案。
- 最优化是系统论思想和方法的最终目标。根据需求和可能，在一定的约束条件下，为系统确定最优目标，运用一定的数学方法等获得最佳解决方案。
- 就产品设计而言，功能完整、结构合理、造型美观、成本经济等方面都达到了让制造商和消费者均满意的和谐程度就是设计师追求的最优化。
- 如图2.28奔驰C系轿车对比一代、二代、三代车型所做的系统优化。
- 就奔驰C系轿车而言，功能完整、结构合理、造型美观、成本经济、操控优异等方面都达到了让制造商和消费者均满意的和谐程度。而且安全性指标也达到了最优化，这就是奔驰C系轿车设计追求的效果，这就是设计师追求的最优化。

图2.28 奔驰C系轿车一代、二代、三代、四代车型演化。



2.4系统方法论

- 钱学森不遗余力地宣传系统科学。
- 许国志在《系统科学》中对系统方法做出如下阐述：
 - “凡是用系统观点来认识和处理问题的方法，亦即把对象当作系统来认识和处理的方法，不管是
 - 理论的或经验的，
 - 定性的或定量的，
 - 数学的或非数学的，
 - 精确的或近似的，
 - 都叫做系统方法。”

2.4.1 还原论与整体论相结合

- 还原论主张把整体分解为部分去研究。
- 笛卡尔(R. Descartes)强调，为了认识整体必须认识部分，只有把部分弄清楚才可能真正把握整体；认识了部分的特性，总可以据之把握整体的特性。
- 还原论方法是一种分析—重构方法把握整体的方法。但居主导地位的是分析、分解、还原：首先把系统从环境中分离出来，孤立起来进行研究；然后把系统分解为部分，把高层次还原到低层次，用部分说明整体，用低层次说明高层次。
- 在这种方法论指导下，400年来科学创造了一整套可操作的方法，取得巨大成功。

- 现代科学表明，许多宇宙奥秘来源于整体的涌现性。还原论无法揭示这类宇宙奥秘，因为真正的整体涌现性在整体被分解为部分时已不复存在。而社会实践越来越大型化、复杂化，特别是一系列全球问题的形成，也突出强调要从整体上认识和处理问题。
- 例如，按分析方法，地球上的海水体积是可以计算出来的，每天把海水舀到地面上的量一旦定下来，就可以计算出到哪一天将把地球上的海水舀干。这显然是不符合海水由于占据地球70%的巨大规模所表现出的整体涌现性。
- 例如，对于沙漠也是如此，用分析的方法可以搬走沙漠，但实际上是无法从地球上搬走沙漠的，这也是由于沙漠的整体涌现性所决定的。

- 世界是演化的，一切系统都不是永恒的。宇宙的许多奥秘只有用生成的演化的观点，才能作出科学的说明。基于还原论的科学是存在的科学，无法研究演化现象。
- 既成论：还原论就是既成论，还原方法就是分析方法。
- 生成论：涌现论把世界看作生成的。从生成论的观点看，整体涌现性可以表述为“多源于少”，“复杂生于简单”，生成论是涌现论表现形式之一。
- 总之，研究系统不要还原论不行，只要还原论也不行；不要整体论不行，只要整体论也不行。
- 不还原到元素层次，不了解局部的精细结构，我们对系统整体的认识只能是直观的、猜测性的、笼统的，缺乏科学性。
- 没有整体观点，我们对事物的认识只能是零碎的，只见树木，不见森林，不能从整体上把握事物、解决问题。科学的态度是把还原论和整体论结合起来。

2.4.2 定性描述与定量描述相结合

- 任何系统都有定性特性和定量特性两方面：
 - 只有定性描述，对系统行为特性的把握难以深入准确。
 - 但定性认识不正确，不论定量描述多么精确漂亮，都没有用，甚至会把认识引向歧途。
- 自牛顿(I. Newton)成功地用数学公式描述物体运动规律以来，定量化方法越来越受到重视，获得极大发展；定性方法被当作科学性较差的、在未找到定量方法之前的一种权宜方法。系统科学要求重新评价定性方法，反对在系统研究中片面地追求精确化、数量化的呼声越来越强烈。

2.4.3 局部描述与整体描述相结合

- 整体是由局部构成的，整体统摄局部，局部支撑整体，局部行为受整体的约束、支配。
- 描述系统包括描述整体和描述局部两方面，需要把两者很好地结合起来。
- 在系统的整体观对照下建立对局部的描述，综合所有局部描述以建立关于系统整体的描述，是系统研究的基本方法。

2.4.4 系统分析与系统综合相结合

- 2.4.4.1 首先进行系统分析
- 要了解一个系统，首先要进行系统分析。
- ①要弄清系统由那些组分构成；
- ②要确定系统中的元素或组分是按照什么样的方式相互关联起来形成一个统一整体的；
- ③要进行环境分析，明确系统所处的环境和功能对象，系统和环境如何互相影响，环境的特点和变化趋势。

2.4.4.2要把握一个系统整体需要进行系统综合

- 如何由局部认识获得整体认识，是系统综合所要解决的问题。
- **分析——重构**方法用于系统研究，重点在于由部分重构整体。重构就是综合。
- **分析和综合只是相对来说的。**一般来讲，“分析”先于“综合”，对现有系统可在分析后加以改善，达到新的综合；对于尚未存在的系统可收集其它类似系统的资料通过分析后进行创造性设计，达到综合。
- **采用系统分析和综合的方法进行产品设计，就是把诸因素的层次关系及相互联系等了解清楚，发现问题，解决问题，按预定的系统目标综合整理出对设计问题的解答。**

2.4.4.3 系统分析和综合的原则

- 在实际设计中，进行系统分析和综合时要注意以下原则。
- (1) 必须把内部、外部各种影响因素结合起来进行综合分析。
- (2) 必须把局部效益与整体效益结合起来考虑，而最终是追求最佳的整体效益。
- (3) 依据目标的性质和特性采取相应的定量或定性的分析方法。
- (4) 必须遵循系统与子系统或构成要素间协调性的原则，使总体性能最佳。
- (5) 必须遵循辩证法的观点，从客观实际出发，对客观情况作出周密调查，考虑到各种因素，准确反映客观现实。

2.4.4.4 产品系统设计分析与综合的8项步骤

- (1) 总体分析。这一步主要是确定系统的总目标及客观条件的限制。
- (2) 任务与要求的分析。确定为实现总目标需要完成哪些任务以及满足哪些要求。
- (3) 功能分析。根据任务与要求,对整个系统及各子系统的功能和相互关系进行分析。
- (4) 指标分配。在功能分析的基础上确定对各子系统的要求及指标分配。
- (5) 方案研究。为了完成预定的任务和各子系统的指图4—7 系统分析和综合设计法的程序标要求,需要制定出各种可能实现的方案。
- (6) 分析模拟。由于一个大系统往往受许多因素的影响,因此当某个因素发生变化时,系统指标也随之发生变化,这种因果关系的变化通常要经过模拟和实验来确定。
- (7) 系统优化。在方案研究和分析模拟的基础上,从可行方案中选出最优方案。
- (8) 系统综合。选定的最佳方案至此还只是原则上的东西,欲使其付诸实现,还要进行理论上的论证和实际设计,也就是方案具体化,以使各子系统在规定的范围和程度上达到明确的结果。

2.5 系统分析方法

2.5.1 系统分析方法概述

- 系统分析是系统设计及系统决策的基础。
- 在系统分析过程中，设计人员从系统长远的和总体最优出发，
 - 确定系统目标与准则，
 - 分析构成系统的各层次子系统的功能及相互关系，
 - 以及系统同环境的相互影响。
- 然后，设想、探索若干可能的方案。
- 例如，对黄河的认识，从黄河源头，黄河上游、黄河中游、黄河下游、黄河入海口的全面考察就是对黄河的系统分析。对黄河的地理、历史、流域文化、流域经济的分析就是对黄河的环境系统分析。
- 产品系统分析中常用的一些基本分析方法有调研分析法、雷达图分析方法、投入产出法、分类法、相关表法、甘特图法、因果图法、分解解析法、复杂系统工程分析法等。

2.5.2 调研分析法

- 调研分析是一种有目的、有步骤的对产品认识与分析的过程。
- 产品系统调研分析大体上包含下列过程：
 - (1) 调研资料：图书、期刊、报纸、网络、电视。
 - (2) 调研分析产品系统设计目标与设计准则。
 - (3) 调研产品功能环境：调研分析产品与环境的相互影响。
 - (4) 调研用户：国际、国内用户调研；男、女、老、幼用户调研；高、中、低档用户调研。
 - (5) 调研市场：商场、花色品种、品牌、价格、销量等。
 - (6) 产品系统结构分析：调研构成系统的子系统的功能及相互关系—结构分析（功能部件、连接关系、装配关系、材料工艺）；
 - (7) 产品造型要素分析：调研分析构成系统的各层次要素及外观相互关系（形态、比例尺度、材料表面装饰、设计风格等）。
- 例如：开发美式灶具，
- 要对美式灶具作产品
- 调研分析（见图2.20）。



图2.29美式灶具

2.5.3 投入产出法

- **投入产出法 (Input—Output Technique)**，又称“输入输出法”等。它是美国通用电器公司发明的用于探求设想而发明的一种分析方法。**本方法先确定所期望的产出(结果和目标)，然后决定投入**，利用智力激励的方法寻求投入产出关系的设想。同时需要确定一些限制条件，如成本要不超过某允许值、坚固耐用等等。
- 根据“入”、“出”和限制条件，考虑其间的相互关系，运用创造性思维和逐步推敲的方法明确由“出(功能)”求“入(要素)”之间的联系(结构)，分析出解决问题的设计方案，(图2.30)。

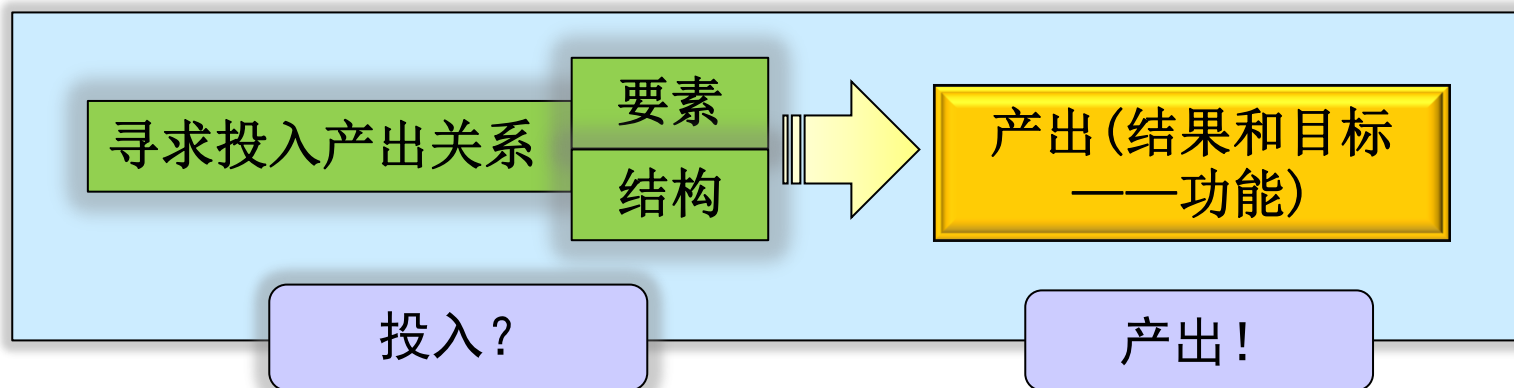


图2.30投入产出法

2.5.4 分类法

- 分类是人类认识、分析、分辨、选择事物的一种方法、也是途径和归宿。在分类中学会了辨别事物、处理事物。
- 分类法有三种：
 - 一是按照种类、等级或性质分别归类。例如：把邮件分类。
 - 二是把无规律的事物分为有规律的、按照不同的特点分类事物，使事物更有规律！
 - 三是建立生物类别的分级系统的生物学分类。
- 其中，按照不同的功能特点分类事物的分类法最为常用。



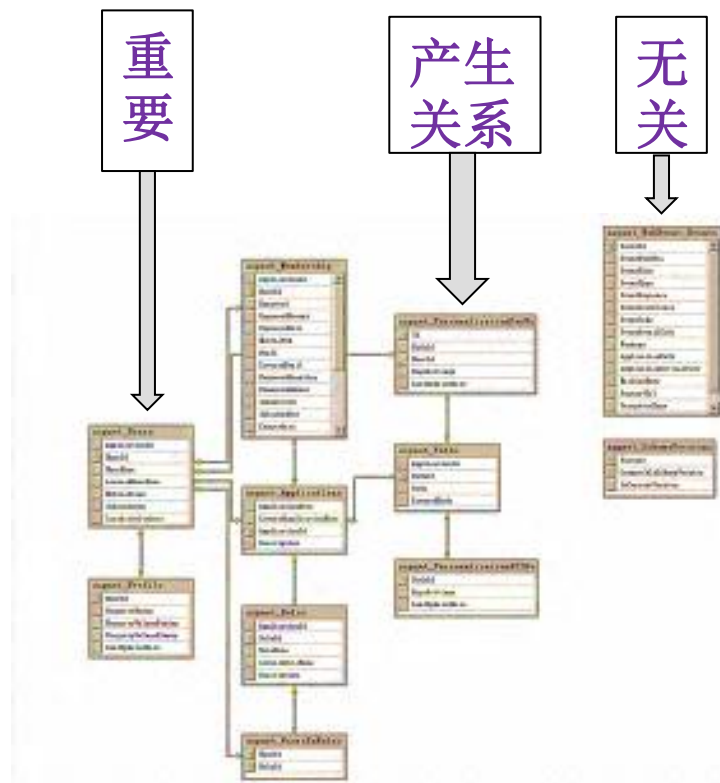
图2.31 垃圾分类



图2.32 动物的找食分类

2.5.5相关表法

- 要弄清系统由那些组分构成，也就是要找出系统中的要素，找出系统中的主导要素，分析要素的子功能，分析要素与整体的功能关系。
- 相关表是探讨设计问题中相关要素间的关系为目的而展开构想的分析方法。
- 其方法是对设计问题进行分解。然后进行分析比较，
 - 排出主次要问题，
 - 按关系
 - 最重要的、
 - 希望产生关系和
 - 无关系
 - 三种情况进行分类。



2.5.6 甘特图法

- 要确定系统中的元素或组分是按照什么样的方式相互关联起来形成一个统一整体的，也就是研究和发现系统的结构或元素的分类，可以采用甘特图法。
- 描述任务进度的传统工具是甘特图。
- 这种图包含一个水平时间线和一个垂线。它是通过画出代表每一任务从开始到结束的水平条绘制而成的，每一水平条已填充部分代表该任务已完成部分。垂线代表当前任务，因此我们可直接看出任务提前或落后于进度。表2.1，2014课程设计各阶段时间安排进程示意图甘特图。

表2.1

工业设计产品系统设计课程设计进程示意

	阶段划分	3月			4月				5月		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
准备	查阅资料	■									
	设计调研	■	■								
	产品临摹		■	■							
设计研究	产品基准测绘			■	■						
	产品基准测绘			■	■						
	设计任务说明			■	■						
	方案1-2			■	■	■					
	结构分析、方案论证				■	■	■				
方案设计	方案设计				■	■	■				
	电脑建模					■	■				
	设计制图					■	■				
	结构图、局部详图						■				
	人机分析						■				
	色彩分析						■				
论文答辩	效果图						■	■			
	展示制作						■	■			
	设计说明							■			
	答辩										

2.5.7 “鱼骨图”法

- 研究和发现系统的结构层次关系及子系统以及其功能表现可以用“鱼骨图”法，又叫因果分析图法。
- 因果分析图法(Cause and Effect Diagram)是以图示方法揭示关系而认清相关因素间的影响等的分析方法。
- 该法着眼于问题的结果和对问题结果产生影响的原因两个方面。
- 图2.33中箭头顶端表示设计问题或其他问题等的要点，
- 所谓骨是指对问题要点的影响原因，大骨、中骨和小骨分别表示大原因、中原因和小原因。

- **绘制鱼骨图的方法是：以机械加工为什么出现废品为例。**
 - ①**确定问题的要点**，即要分析的项目，如图2.31中的“机械加工为什么出现废品”。
 - ②**确定出大的原因**，如图2.33中的机床、方法、操作者等。
 - ③**继续找出中原因和小原因**，以及更细小的原因。
 - ④**对关键性的原因作出标记**以便进一步研究。

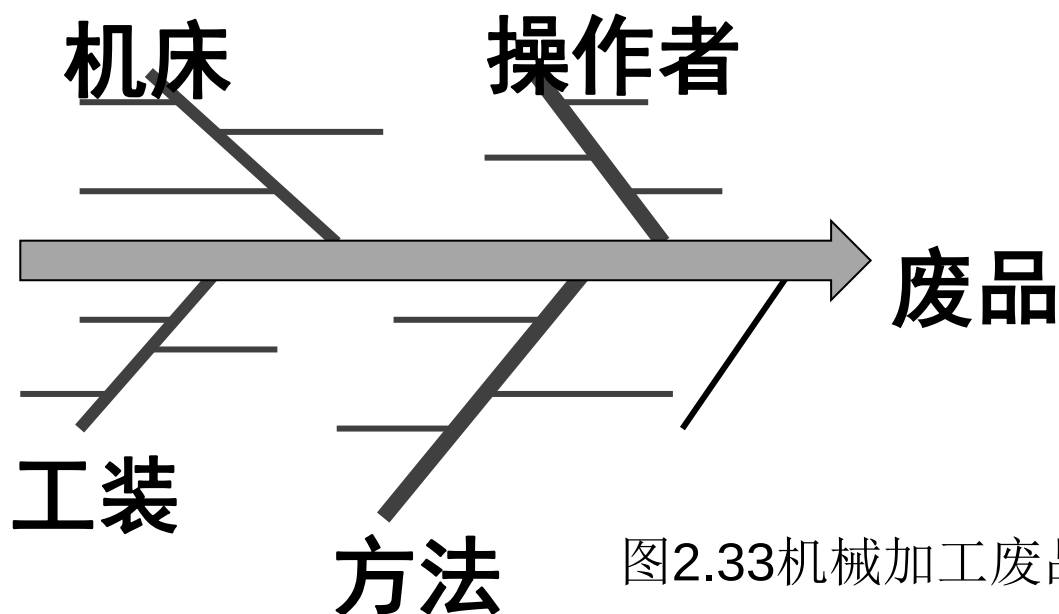


图2.33机械加工废品原因分析图

2.5.8 分解解析法

- 要弄清系统由那些组分构成，分析要素与整体的功能关系，可以采用系统分解解析法。把大系统分解为若干分系统，分系统也可进一步分解。这样就有利于对分系统用以往的经验 and 知识来分析和处理，把复杂问题条理化、简单化。
- 最简单的系统分解是结构要素的分解，如把电冰箱分解为压缩机、冷凝器、蒸发器，箱体、温控器等。
- 不管多么复杂的问题，都可以通过分解达到条理化。这种情况的分解，如同结构上的分解一样，不仅是平面的，立体的分解也很多。

- 在分解时，有两点显然是应该注意的。
 - 一是分解的程度应适当
 - 二是选择好分解的位置，应在分系统间联系最少处。

- 例如解剖产品、拆卸零件，如图2.34 野外灶具产品拆解测绘。

- 拆卸产品、解剖零件是产品系统分析的主要途径。
- 拆解工具包括：产品陈列、测绘工具、三坐标机、反求工程实验三坐标机、快速成型机、产品测绘室。



图2.34野外灶具产品拆解测绘

2.5.9 雷达图分析方法

- **雷达图分析方法 (radar chart)** 是基于一种形似导航雷达显示屏上的图形而构建的一种多变量对比分析技术，因其形状很像蜘蛛网，故又称之为**蜘蛛网图**。
- **雷达图** 可以对两组变量进行多种项目的对比，反映数据相对中心点和其它数据点的变化情况，常用于多项指标的全面分析，将其比较重要的项目集中划在一个多边形的图表上，来表现公司各项情况。一般设量化指标比率的中心点为起始档，档次逐渐升高，边缘为最高档，由若干个同心多边形组成。同心多边形向外引若干条射线，它们之间等距，每一个多边形代表一定的分值，由中心向外分值增加，每条射线末端放一个被研究的指标，使图表阅读者能够一目了然掌握各项指标变动情况和好坏趋向状态。

- 例如，产品功能属性用户评价雷达图可应用于产品功能属性状况——功能性（实用）、技术性、艺术性（造型）、舒适性（人机）、经济性（性价比）、环保性等的评价，（见图2.35）。

- 雷达图分析法是综合评价中常用的一种方法，尤其适用于对多属性体系结构描述的对象作出全局性、整体性评价。在制定产业技术路线图过程中，它成为判断产业发展趋势、确定产业范围边界的常用方法。

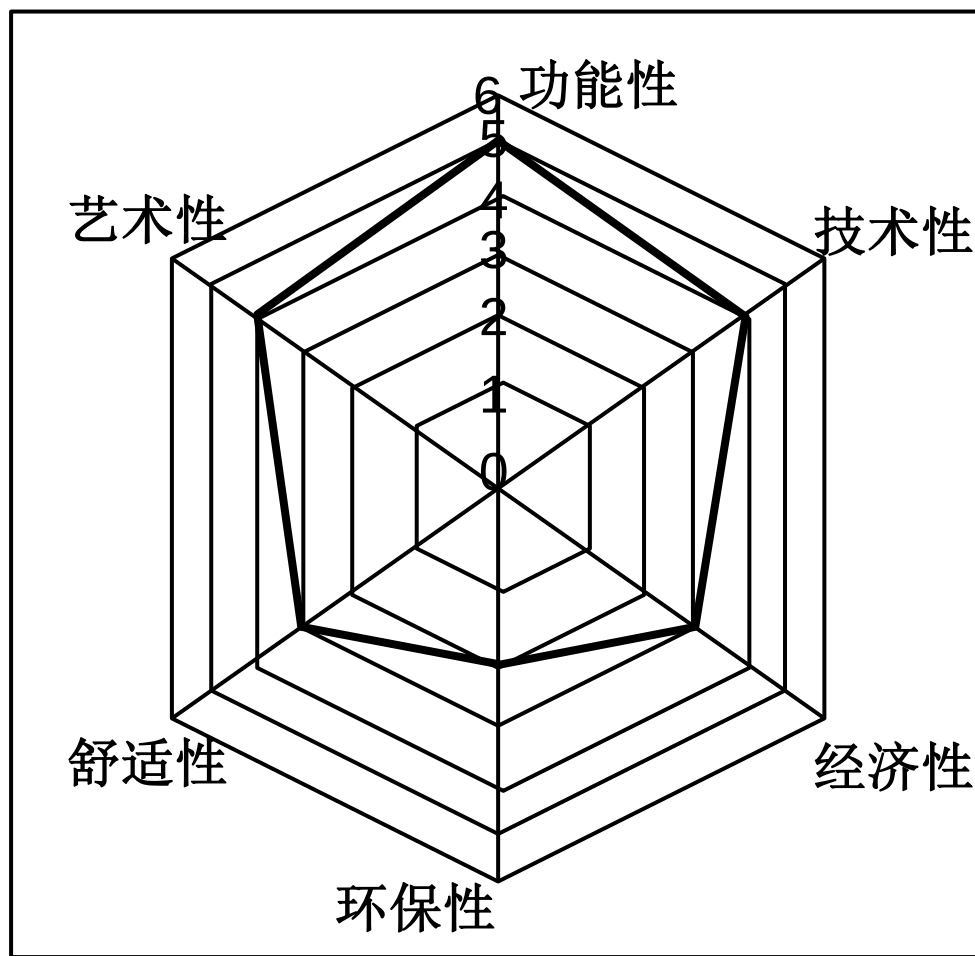


图2.35产品属性分析雷达图的基本形式

2.5.10 复杂系统工程分析法

- 工欲善其事，必先利其器。对于复杂系统分析常用的工具是系统工程学所提供的定性分析、定量分析、综合分析工具。
- **系统分析工具包括：**霍尔三维结构方法、切克兰德软系统方法、并行工程方法、物-事-人理系统方法、螺旋式推进系统方法以及信息化时代提出的综合集成方法——统计数据参数模型，人机交互，逐次逼近方法。
- 系统分析的前提条件是对系统首先建立系统模型。所建立的系统模型应能够描述系统某一方面的本质属性，并能以某种确定的形式（文字、符号、图表、实物、数学公式、计算机建模）提供关于该系统的知识，且可以据此（系统模型）对系统进行定性、定量、综合分析，找出研究对象的特征和发展规律。
- **系统模型包括：**实体模型、相似模型、比例模型、文字模型、网络模型、图表模型、逻辑模型、数学模型、计算机模型等。

- 例如，霍尔(Hall)把系统工程的研究方法和步骤用三维坐标系表示，这就组成了包括时间、逻辑、专业的三维结构空间，（图2.36）。

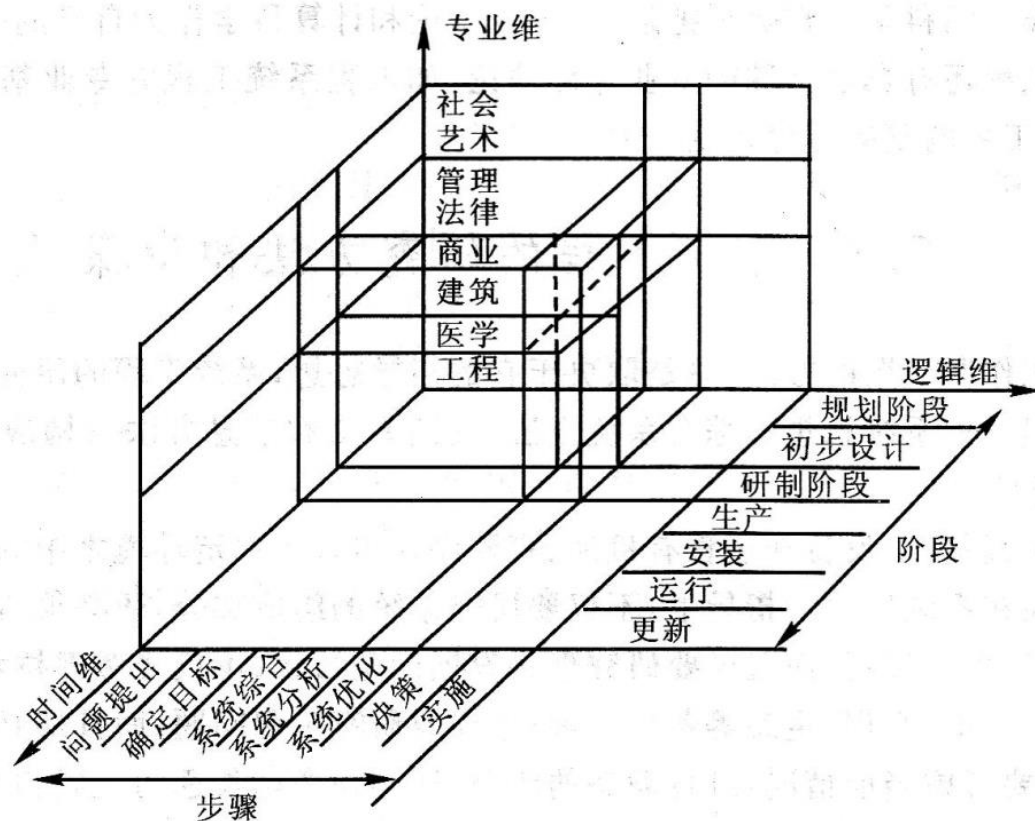


图2.36霍尔(Hall)系统工程三维结构

霍尔把任一系统由规划设计起到更新为止的整个寿命周期划分为七个阶段。

霍尔把思维过程划分为七个步骤。

霍尔把系统工程处于某阶段、某一思维过程中所涉及的专业知识按照定量化的难易程度由下至上排列，其顺序是工程、医药、建筑工程、商业、法律、经济管理、社会和艺术等专业知识。

霍尔的三维结构空间是当前比较清楚地说明系统工程研究方法和步骤的模式。

2.6 系统综合法

■ 2.6.1 系统综合法概述

- 系统综合就是在系统分析的基础上提出全面的、完善的、整体的解决方案。
- 分析与综合是一个逻辑性很强的逻辑思维过程。
- 综合是分析的反向过程，综合过程常常是一个创新的过程。
- 重构就是综合。分析—重构方法用于系统研究，重点在于由部分重构整体。
- 系统综合方法主要有
 - 功能求索法、整合重构法（由部分重构整体实现整合创新）、产品定位法、产品基准法、系统优化法、标准化法、模块化法、平台化法、系列化法等。

2.6.2 功能求索法

- 一项新产品的的设计，总是在一个创新“意念”的主导下，确定出产品的总功能，然后通过总功能的层层分解，构成若干功能元的有序组合系统，成为完整的构思。
- 系统的总功能通常都是由许多子系统功能或基本单元功能，按一定的逻辑关系有序地组合构成。通过功能分析，我们对设计对象的总功能及分解后的分功能有了较深入的认识，其功能系统的基本构造和特点已经明确。如果功能分解的程度合适，其实现的技术途径是不难找到的。各分功能解法的组合就是系统综合设计的原理方案。
- 分功能的求解是功能论设计方法的关键问题。虽然一部分分功能已有现成可选用的元部件，而其余的分功能则还需要探索解决方法的原理。

- 通常的情况是，能满足功能要求的原理方案(技术物理效应，物理原理等)是很多的，有些是设计者所熟悉的，有些则不为设计者所熟悉。在有特别要求或复杂的设计对象的情况下，凭经验和一般的知识不能解决问题时，为了开扩思路，以便选择出最佳的功能实现方案，借鉴汇集前人经验的设计手册、设计原理方案目录一类的技术资料是十分有益的。
- 分功能的求解属于技术探索的范畴，不同的问题需要不同的专业技术知识和经验，需要相关专业的技术人员的协调配合，这点是非常重要的。虽然有设计目录之类的工具可以借鉴，但更需要设计者充分发挥创造性思维，利用一些创新技法来提高设计水平和工作效率，如头脑风暴法、联想法、类比法等。

2.6.3 重构整合法

- 重构整合是根据分解与组合的创新思维法则,在系统分析、分解的基础上,将系统要素及其结构依据功能要求重新打散,建立新的构成关系以实现由部分重构整体的整合创新。
- 分解的哲理如下所述。
 - (1)事物本身由很多可分解的功能组成,组成方式不同,总体功能将不同,而人们需求的正是多种不同的总体功能,分解是为了重组。
 - (2)事物的主要功能常和一些辅助功能搭配在一起,将主功能分解出来,使其有可能获得更好的发挥,或组成更多更好的主辅搭配。
 - (3)事物由多种功能组成,合在一起彼此影响,分离有利于各自特点的发挥,或有利于创新改进。

组合具有如下几种：

- (1) 主要功能与辅助功能的组合
- (2) 同种功能的组合
- (3) 无关功能的组合
- (4) 不同功能关系的组合



轿车变SUV



2.6.4 产品定位法

- **产品定位法**
- 是在产品定位观思想指导下进行产品定位的综合方法，
- 是将竞争对手的产品作为主动进攻的对象为出发点，
- 以自身产品体系的完整性为开发目的，寻找新设计突破点。



- 例如：佳能系列数码相机

的产品定位

-
- 图2. 37所示是佳能系列数码相机的产品定位——单反数码相机，

- 图2. 38是佳能系列数码相机的产品定位——中端数码相机，

- 图2. 39是佳能系列数码相机的产品定位——低端数码相机。



2.6.5 产品基准法

- **产品基准**是通过对比分析最强的竞争者或者公认的行业领先者来衡量产品、服务和实践的持续的选择过程。
- 产品基准法的一般做法是根据产品定位，选择同行业公认最领先的产品作为产品基准(或竞争对手的产品)，根据对手的功能、结构参数、性能、尺度、外观、品味、档次有针对性的提出对应的竞争方案以与其在市场中竞争。
- **寻找对手是选择产品基准，进行系统设计的特征之一。**

- 例如：**尼康主要选择同行业公认最领先的佳能产品作为其产品基准**，针对佳能1280万象素的Canon5D全幅单反，开发出1210万象素的尼康D3，针对小幅单反1010万象素的 Canon40D，开发出1230万象素的尼康D300，**针对准专业数码1210万象素的CanonG9，开发出1210万象素的尼康P5100**。如高档便携数码相机：如图2.40佳能G9，图2.41尼康P5100。



图2.40佳能G9



图2.41尼康P5100

2.6.6 系统优化法

- 系统优化
- 就是使系统整体取得最好的功能效果，即达到选择出解决问题的最好方案。
- 系统优化是系统论思想和方法的最终目标。根据需求和可能，在一定的约束条件下，为系统确定最优目标，运用一定的数学方法等获得最佳解决方案。
- 就产品设计而言，功能完整、结构合理、造型美观、成本经济等方面都达到了让制造商和消费者均满意的和谐程度就是设计师追求的系统最优化。



优化设计的方法很多，产品设计中常用的有以下几种。

(1) 直觉优化方法

(2) 试验优化方法

(3) 进化优化方法

(4) 数学优化方法

2.6.7 标准化方法

■ 标准化要求

- 产品各部件或某些种类的产品之间建立一种联系，
- 实现零、部件的可互换。

■ 标准化要求

- 合理地制定产品的品种规格以满足社会上不同层次的需求；
- 制定先进的产品质量标准以提高产品的质量；
- 在生产、流通、消费等方面全面节约人力、物力以降低成本；
- 在商品交换和服务方面能保护消费者的合法利益和社会公共利益；
- 能保障人类的安全、健康，创造舒适、宜人的环境，有利于建立科学、文明、进步的生活方式；
- 促进相互之间的理解、交流，提高信息传递的效率；促进国际间的生产协作、技术交流和贸易等。

- 标准化主要有简化、统一化、系列化、通用化、组合化等5种标准化形式。例如，图2.42为各种标准及标准接口。



图2.42各种标准及接口

2.6.8 模块化方法

- 模块化是换元与移植创新思维法则与标准化思想相结合的产品系统设计整合创新方法。
- 模块是产品中相对独立的具有互换性的部件，在模块化系统中用于构成系统的功能单元。
- 例如，佳能公司采用模块化方法开发设计了EOS系列单反镜头模块，适马公司采用模块化方法为佳能和尼康公司提供了一系列单反镜头有对应接口的单反镜头模块。如图2.43佳能单反镜头和图2.44适马单反镜头。



图2.43佳能单反镜头



图2.44适马单反镜头



图2.45计算机模块：显示器、主板、显卡、机箱、CPU、电源

- **最典型的模块化设计思想的体现者是计算机模块。**
- **如图2.45所示计算机模块**（从左到右，自上而下）：显示器、主板、显卡、机箱、CPU、电源等。

2.6.9 平台化方法

- 平台化方法的着眼点在于考虑如何实现多种产品的部件共享，也就是要提供一个零部件可以在其上实现可互换性的产品平台。按照平台化方法设计的产品就是产品基础平台。产品平台可以理解为超大共用模块（含有多个零部件接口），但产品平台不是模块。
- 例如，单反相机机身不仅用于光学相机，也被单反数码相机采用，以便缩短产品开发周期，降低产品开发成本，增加产品品种。同时，配合不同的镜头可以实现不同的摄影要求。
- 在汽车开发中，采用平台技术(Platform)，同一套整车开发技术应用于组装多种不同款式、功能各异的车型，既满足了客户多样化的需求，又实现了理想的规模效应，大大降低了造车成本。

- 例如，PQ35平台代表了大众紧凑型轿车制造水平。PQ35中的P代表的是产品平台；Q代表的是动力总成横置；3代表的是A级车；5代表的是第五代产品。在全球范围内，出自PQ35平台的大众车型包括高尔夫5、奥迪A3、宝来、斯柯达明锐、大众SUV 途观等，如图2.46所示。



图2.46 PQ35平台上所开发的各种车型

2.6.10 系列化方法

- **系列化**是通过对同一类产品发展规律的分析、研究，对国内和国外的生产与需要发展趋势的调查和预测，结合我国或企业自身的生产技术条件，经过全面的技术经济比较，**将产品的主要参数、型式、尺寸、基本结构等做出合理的安排与规划，特别是将同一品种或同一型式产品的规格按最佳数列科学排列，以尽量少的品种数来满足最广泛的需要，形成产品的品种和规格的标准**化。
- 例如，图2.47所示为大众汽车家族的系列产品。在产品开发中，系列化方法是标准化方法的独特形式。

图2.47大众汽车家族的系列产品



例如，相似功能系列：欧林厨具厂家生产的成套锅具系列（图2.48）。



图2.48 欧林厨具厂家生产的成套锅具系列

2.7原型化方法

■ 2.7.1模型与原型

- 给对象实体以必要的简化，用适当的表现形式或规则把它的主要特征描绘出来，这样得到的模仿品称为模型，对象实体称为原型。
- 构造模型是为了研究原型，客观性、有效性是对建模的首要要求。
- 按照构造模型的成分，有实物模型和符号模型两种。
- 按照模型的功能，有解释模型、预测模型和规范模型的划分。
- 模型也有结构，模型结构与原型结构是不同的两码事，但两者又有直接或间接的联系。
 - 标度模型(scale model)要求具有与原型相同或相似的结构，但尺度大大缩小，如模型船舶、模型飞机等。
 - 地图模型(map model)要求具有与原型相同的拓扑结构。
 - 数学模型是抽象模型，不能要求它直接反映系统原型的结构，但必定与原型结构有内在联系，原型中的结构问题在模型中用数学语言描述，能用数学方法分析和解决。例如，原型的结构稳定与否可以转化为模型中数学结构的稳定与否。

2.7.2原型

- **原型**就是对产品进行延伸改造而形成的近似品。它包含的原型范围从概念草模到功能齐全样品。原型化就是开发产品的一个近似品的过程。原型化方法是产品系统设计的三维方案模型的设计、分析和验证方法。
- **原型**可从两个角度进行有用的分类。
 - 第一个角度是原型实体化程度。实体原型是可触知的制品，该制品是产品的一个近似品。产品为开发组所偏好的一些方面确实被制造用于检测和试验。实体原型有三种：包括看上去像产品的模型，用于快速检测设想的概念证实型原型，以及用于证实产品功能的实验型机器。
 - 第二个角度是原型综合化程度。综合化原型完成了产品的绝大多数属性。综合化原型与日常使用的“样机”非常一致，这个词指一个全范围、全操作的产品版本。

2.7.3原型化原理

■ 2.7.3.1 解析化原型一般比实体化原型更具弹性

- 因为解析化原型是产品的一个数学上的近似品，它一般包含随不同设计选择而改变的参数。在大多数情况下，改变解析化原型的某个参数比改变实体化原型的某个属性容易得多。
- 在大多数情况下，解析化原型不仅比实体化原型易于改变，而且也允许作更大的改变。所以，解析化原型常常优于实体化原型。解析化原型用于缩小可变参数的取值范围，而实体化原型用于对设计进行精雕细琢或确定。

2.7.3.2 检测不可预见现象需要实体化原型

- 一个实体化原型经常揭示出与原型最初目标完全不相关的不可预见现象。
- 相反，解析化原型无法揭示非基础解析模型(原型基于其上)的部分现象。
- 因此，在产品开发尝试中，始终至少要建造一个实体化原型。



图 2 .49 太空实验舱方便间原型

例如，开发太空实验室是一项规模庞大的系统工程，有许多子系统需要反复实验改进。图2.49所示的太空实验舱方便间原型。

2.7.3.3 原型可以降低高值重复风险

- 在许多情况下，一个测试结果可以决定一个开发任务是否将不得不重复。
- 由于失败的高成本、新技术或产品特性的重大变革而具有高风险或不确定性的产品，可以从这样的原型中受益。

■ 2.7.3.4 原型可加快其他开发步骤

- 有时加入一个短暂的原型化阶段可以使后续活动比没有这一阶段时完成得快得多。
- 如果原型化阶段所需的时间少于后续活动节省的时间，则这一策略(原型化)是适当的。
- 具有复杂几何形状的部件的一个实体化模型使得模具设计者更快地细化和设计模具。

2.7.4原型化技术

- 数百种不同的技术被用来建立原型，尤其是实体原型。近二十年来出现了两种极其重要的建模技术：计算机三维建模(3D)和快速原型化。

■ 2.7.4.1 3D计算机建模

- 近20年来，表现性设计的主要形式已经发生了重大变化，从图像(经常是用计算机制作的)到**3D计算机模型**。这些模型用**3D实体来表现设计**，每个实体通常用圆柱、块、孔等几何单元构造而成。如图2.50所示3D计算机建模汽车设计模型。



图2.50 3D计算机
建模汽车设计模型

2.7.4.2 快速原型化——3D打印

快速原型化又叫快速成型—RP技术 (Rapid Prototyping)，是由3D System公司于1984年推出，20世纪90年代发展起来的一项先进制造技术。

基本原理是"分层制造，逐层叠加"的过程。就像是一台"立体打印机——3D打印"。例如，上海实睿信息技术有限公司 SpectrumZ510全彩色快速成型机，如图2.52所示。

这些技术中的大多数采用的方式是建造对象时，每次做一个横截面，就铺置一种材料或选择性地凝固一种液体。其制成品经常是用塑料做的，但也有用其他材料如石蜡、纸、陶瓷和金属制成的。



图2.51 SpectrumZ510全彩色快速成型机

- 3D打印也被用来制造假牙、医疗器件、机器零件生产、甚至产品、人体骨骼器官等复杂东西。

- 2013年一月刊《环球科学》评选出2012对人类最有影响十大新闻，3D打印位列第九。有人预测3D打印将推动第三次工业革命。



图2.52 快速成型样品

快速原型化技术具有如下特点

- 快速原型化技术将一个实体的复杂的三维加工离散成一系列层片的加工，大大降低了加工难度，具有如下特点。
 - (1) 成型全过程的快速性，适合现代激烈的产品市场。
 - (2) 可以制造任意复杂形状的三维实体。
 - (3) 用CAD模型直接驱动，实现设计与制造高度一体化，其直观性和易改性为产品的完美设计提供了优良的设计环境。
 - (4) 成型过程无需专用夹具、模具、刀具，既节省了费用，又缩短了制作周期。
 - (5) 技术的高度集成性，既是现代科学技术发展的必然产物，也是对它们的综合应用，带有鲜明的高新技术特征。

2.8 产品开发系统设计流程

- 设计流程也是产品系统设计研究的对象。

■ 2.8.1 “设计流程” 分析

■ 2.8.1.1 管理决策层的规划

- 产品开发流程的第一步是研究市场前景和相应的产品策略，此时应确立关于产品的整体规划，包括产品平台、成体系的系列产品、构建产品平台的核心技术以及预期的商业回报。
- 此时将对新产品制订详细计划。

■ 2.8.1.2 考虑产品平台因素

- 在开发过程中，一件具体产品的研发都应当在产品平台整体发展的基础上进行。产品平台是由关键的技术因素，即平台要素，依照一定的构建原则规划产品的设计系统。

■ 2.8.1.3 设计师的个性与设计系统的制约

- 在企业系统之外，如产品的造型，时尚的形态等感性的因素，似乎都是凭着具有创意和个性的设计师的能力所为。实际产品的某些侧面确实需要依靠设计者个体才能的发挥，但产品功能的实现，毕竟要通过工业化的量产途径去面对难以确定的消费者，自然存在生产技术、成本等一系列的实际问题，尤其是如何获得良好的市场效果，必然脱离不了系统的制约，否则只能是纸上谈兵。

■ 2.8.1.4 社会生态系统对产品设计的制约

- 产品从设计到生产，到商品化，直至消亡，整个过程犹如生命周期系统，每个环节要素都要在同一目的的驱使下从属产品的循环系统，而且从属于更大的社会生态系统。

2.8.1.5 产品开发系统设计流程

- 根据系统设计思想方法，设计流程在三个层面上展开：
 - (1) 研究宏观环境因素，趋势预测，制定产品开发战略，明确设计目标、选择竞争对手，下达设计任务书等。这是“设计流程”的目标化阶段。
 - (2) 研究产品使用环境因素，识别产品功能、分析产品要素、明确产品设计定位、选择产品基准、展开重构整合创新形成新方案、研究可利用的标准等、制作模型、筛选评价方案、系统深化设计、工艺设计、经济分析、移交设计等。这是“设计流程”的概念化、视觉化、标准化、产品化阶段。
 - (3) 研究产品市场环境因素，制定品牌销售战略，准备产品包装、选择或设计商标、设计说明书、设计产品样本、营销展示设计、开展市场营销活动等。这是“设计流程”的商品化阶段。
- 根据不同阶段的不同设计内容和明显的阶段差异，完整的产品开发系统设计过程可以划分为6个阶段（图2.53）。

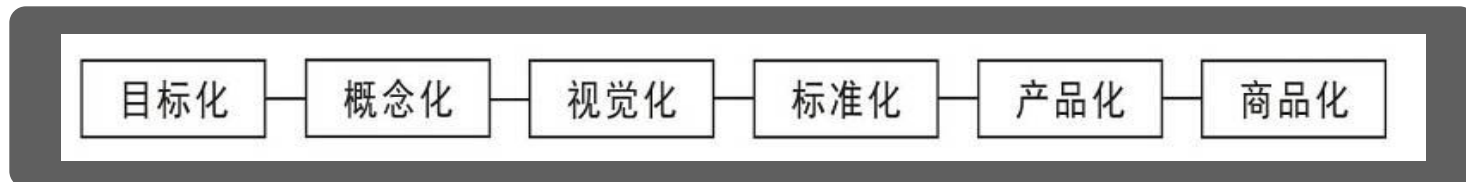


图2.53 产品开发阶段

2.8.2 产品开发的目標化阶段

- 产品开发的第—步通常是对未来新产品产生希望和预见。
- 产品开发的目標化阶段是设计的酝酿、筹划期和产品开发的创意阶段，其结果是制定和下达产品开发任务书及配套的開發计划，包括经费预算，后期的产品宣传策划等。
- 此阶段主要搞清以下—些问题。
 - (1) 市场反馈和预测战略分析。
 - (2) 确定设计战略目标。
 - (3) 做出开发计划的日程安排。
 - (4) 经费预算计划。
 - (5) 设计后期的产品宣传策划。



图2.54产品开发的目標化阶段

2.8.3 设计的概念化阶段

- 概念化阶段，针对具体调研的产品，将企业的战略目标转化为设计人员心中的具体概念、构思（见图2.55）。对目标有一个理性的认识和初步思考，包括以下内容。

■ 2.8.3.1 总体分析

- 这一步主要是确定系统的总目标及客观条件的限制，包括：
 - ①产品市场定位。
 - ②任务与要求的分析：确定为实现总目标需要完成哪些任务以及满足哪些要求。
 - ③新产品大体上的规格

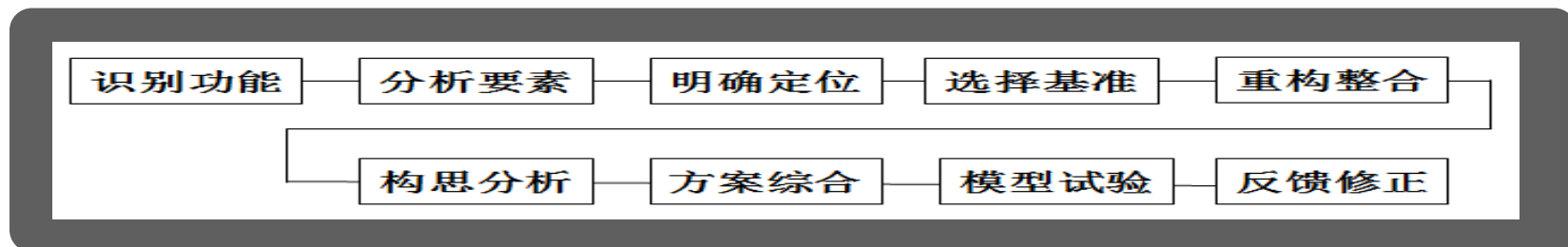


图2.55产品开发的概念化和视觉化阶段

2.8.3.2 建立产品功能模型

- (1) 功能分析。
- (2) 指标分配。
- (3) 方案研究。

将目标在大脑中形成尽可能清晰的概念是这一阶段的标志性成果。

此阶段主要搞清以下一些问题。

- 1) 确定存在问题的领域。
- 2) 确定需要的范围、市场和消费者需求品的缺陷和价值。
- 3) 确定目前技术的可能性。
- 4) 定出概略性能说明。
- 5) 搞清预想的重要问题的领域以确认技术可能性，收集现有数据，对开发的产品应该具备的性能要求作出明确的说明。
- 6) 初步分析产品市场定位、产品特性、产品卖点。
- 概念化阶段是产品向设计迈出的实质性的第一步，是设计由管理层向设计师转化的必然阶段，双方之间的交流、沟通、正确理解和对设计目标的适当调整是必不可少的。

2.8.4 设计的视觉化阶段

- **设计的视觉化阶段**以实现产品的创意为目的。实现产品创意的一个重要方面是进行产品建模，通过实际构建功能模型或以数字分析的方式建模，对执行的效果进行测试。
- **在产品开发过程中**，设计人员必须在产品开发的现实环境中考虑建模，用以有效地帮助设计决策的工作（见图2.55）。
- 设计的视觉化是设计分析构思方案由朦胧的意象向明确的视觉形象的转化工作，是设计的核心阶段和能够被他人明确感知的阶段。
- 将目标和形成的目标概念转化为视觉信息能够看见是什么样子是这一阶段的标志性成果。**此阶段由构思分析、方案综合、模型试验（形态、尺度等几何要素）、反馈修正4个设计环节组成。**

视觉化4个设计环节

- **构思分析。** (1) 研究实施的可能性 (初步设计分析)。 (2) 明确可能实施的技术, 讨论细节问题。 (3) 明确经济上的可能性。 (4) 决定重要问题, 对关键技术进行分析。 (5) 提出总体解决概要 (设计1草)。 (6) 检查消费者和生产者的经济能力, 即检查购买力和生产成本之间的平衡可能性, 最后做出解决问题的设想概要构思分析。
- **方案综合。** (1) 开展方案设计, 对构思进行综合设计。 (2) 补充可能的说明 (说明书2)。 (3) 开展细部设计 (设计2草)。 (4) 预测技术性能和生产成本。 (5) 制定设计方案文件。
- **模型试验。** (1) 设计方案二维原型展开三维尺度的模型试制。 (2) 制造原型 (原型1)。 (3) 试验检查原型。 (4) 评价技术性能。 (5) 使用者原型试验 (试验1)。
- **反馈修正。** 在展开原型阶段, 先造出原型, 通过检查, 从中发现新问题, 确认已提出的设想, 并确定无法解决的部分, 然后用原型进行性能试验, 最后进行实际应用实验等。通过试验评价设计和技术, 在这一阶段里以说明书中记述内容为具体基准, 按说明书进行细部设计, 然后对体现设想的图或文字说明文件进行修订。

2.8.5 设计的标准化阶段

- 为了利用实践证明成熟的技术，避免重复设计和出现有问题的设计，在开展方案深化设计之前，需要按照系统设计的思想对产品做全面的调查，**落实产品的已有技术和标准规范**。同时，对复杂和大型设计项目从开始就要有系统设计和标准化思想，对产品的种类、规格、技术模块、产品平台、系列化开发、风险与成本控制等问题作出系统规划（图2.56）。在设计标准化阶段由专业设计人员主要进行下列工作。

- **2.8.5.1 调研、搜集目标产品的已有技术、标准、规范。**
- 技术标准包括：国家标准、专业标准和企业标准等有关涉及原材料（毛坯、半成品）标准；零、部件标准；设计标准；工艺标准；工艺装备设备维修标准；自制设备及设备维修标准；环境条件标准及产品标准和检验标准。还要调研安全标准；方法标准；包装标准；编码（编号、代号）标准等。对目标产品的已有专利、商标等进行系统调研，搜集有关信息和各种相关资料。

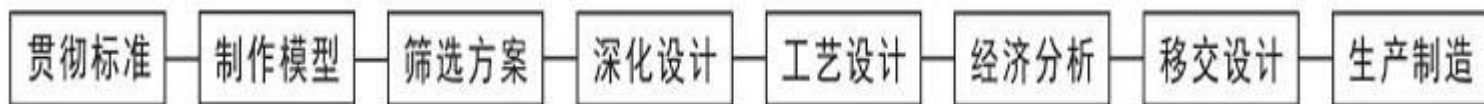


图2.56产品开发的标准化、产品化阶段

2.8.5.2 产品标准化工作

- 此阶段主要进行设计预备工作和大量的细致的市场调查工作和资料收集工作，以明确设计概念。在产品开发时就应注意简化产品品种，防止将来出现不必要的多样化，以降低成本。
- 对于一定范围内的产品品种进行缩减，产品简化后，它的参数应形成系列，参数系列可从国家标准优先数列中选取。将同一品种或同一型式产品的规格按最佳数列科学排列，形成产品的优化系列，以尽量少的品种数目满足最广泛的需要。

2.8.5.3 产品技术平台整理测绘、拆卸产品，研究产品基准。

- 在产品系列确定之后，用技术经济比较的方法，从系列中选出最先进、最合理、最有代表性的产品结构，作为基本型产品，并在此基础上开发出各种换型产品。
- 在具体设计工作中，调用和测绘基本型产品的标准件与通用模块，能满足基本型产品的结构直接采用，或做局部调整，将不能满足基本型产品的部分作为产品开发的主要设计工作展开概念与方案设计。如汽车设计要利用已有的汽车底盘和发动机开展设计工作，吸油烟机要利用已有的专业风机（电机、风轮、涡壳）开展设计工作。

2.8.6 设计的产品化阶段

- 选优得到的设计方案必须在设计过程中加以实现，这是产品开发的最后一个阶段。此阶段最主要的工作是对购买要素、部件制造、产品组装等依据预定的规范和标准，将产品具体化（图2.56）。
- 视觉化后经标准化修订就要实做产品，从产品生产和工艺的角度对设计进行检验和修正，对产品的结构、材料、零件制造工艺，产品装配工艺、以及产品的功能和产品性能全面进行检验，包括成本分析等。
- 一个真实的设计在设计活动过程中会遇到极大的技术性挑战。产品与设计资料 and 任务书一致或发现新的问题加以解决，或优于原设想目标，或证明设计目标不可行是这一阶段的标志性成果。

产品化阶段主要解决以下一些问题

- (1) 对产品的结构、材料、零件制造工艺、产品表面处理效果、产品装配工艺按生产要求实做。
- (2) 从生产和工艺的角度对设计进行检验和修正。
- (3) 使用评价。
- (4) 产品的功能和产品性能对照设计目标全面进行检验，包括成本分析。
- (5) 产品与设计资料 and 任务书相一致或发现新的问题加以解决，或优于原设想目标，或证明设计目标不可行。
- 设计的产品化阶段是设计活动中的最高难度的活动，大多数设计到了产品化阶段就夭折了，真正能闯过产品化阶段的设计是设计服务于社会的前提条件。在产品化阶段继续完善和修正不合理的结构是对设计师毅力的考验。因此，作为设计师，要努力使设计通过产品化设计阶段的考验。

2.8.7 产品开发的商品化阶段

- 善始善终是想做事做成事的基本要求。对产品开发而言，最终目的是实现商品化并在市场中立住脚，而实际上的统计显示开发出的产品多数都夭折了，原因很多，但其中产品开发的商品化阶段工作不力是一个重要原因。
- 在市场中，良好的设计能够唤起隐性的消费欲，使之成为显性。或者说，设计发觉了消费需要，并制造了消费需要。
- 产品试销评价而转化成为大批量生产的商品是设计的终极目标。商品化设计阶段要做的工作是将产品经过包装、宣传、展示、销售、使用、维护、反馈，使产品真正转化为商品（图2.57）。

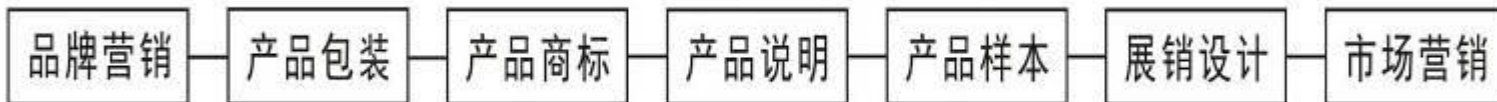


图2.57 产品开发的商品化阶段



- 获得大量的定货，或提出改进意见，或被市场彻底否定是这一阶段的标志性成果。此设计阶段主要解决以下一些问题。
 - (1) 将产品经过包装、宣传、展示、销售、使用、维护、反馈，使产品真正转化为商品。
 - (2) 销售调查（产品试售）
 - (3) 生产计划
 - (4) 机械设备和市场准备
 - (5) 开始生产（商品化）
 - (6) 生产和销售
- 直到取消这个设计项目，或按消费者的改进意见重新投放市场并获得大量定货实现了决策目标，这个设计周期才算结束。
- 后续也还要继续不断完善消费者对此产品提出的新的改进意见，这也依然属于商品化设计阶段的必须任务。直到商品衰退消亡为止。

- 在实际的产品开发设计过程中，上述六个设计阶段并不是一成不变的，尤其在一些功能复杂、技术含量高的产品设计中，设计过程将反复多个回合才能获得最后较理想的结果。
- 由于产品设计涉及到的范围极为广泛，
- 各种产品的设计方式与过程有很大的差异；
- 各种不同产品的设计程序也不尽相同；
- 各国家与地区工业设计的发展水平与设计方式也不尽相同。
- 更主要的是随着设计科学的发展，设计的手段不断发生新的变化，
- 尤其是计算机辅助设计在设计领域的普及，使得产品的设计方法与设计程序处于一种动态的发展过程中。
- 因此对设计方法与设计程序的研究与总结也应当随之不断发展。