

功能分析和裁剪

本章学习目标

- 理解功能的概念
- 了解功能分析的作用
- 熟练掌握功能描述的原则及方法
- 掌握功能分析的步骤及方法
- 熟悉系统裁剪的实施策略及裁剪方法

本章先介绍功能的概念及功能分析的作用,再介绍功能描述的原则及方法,以及功能分析的步骤,最后介绍系统裁剪的实施策略及裁剪方法。

5.1 系统功能分析概述

19世纪40年代,美国通用电气的工程师迈尔斯首先提出功能的概念,并把它作为工程研究的核心问题,他认为,顾客买的不是产品本身,而是产品的功能。功能是产品存在的目的,可能涉及产品的多方面。在设计科学的研究过程中,人们逐渐认识到产品设计中工作原理构思的关键,往往是满足产品的功能要求。

5.1.1 功能的概念

功能的由来有两种:一种是人们的需求,另外一种是人们从实体结构中抽象出来的。人们的需求是主动地提出功能,从结构中抽象是被动地挖掘出功能。如汽车、飞机的出现,最初不是人们想要利用其运载人或物,而是随着时代的发展,人们逐渐发掘出其功能。

因此,广义的功能定义为:研究对象能够满足人们某种需要的一种属性。

例如:冰箱具有满足人们“冷藏食品”的属性;起重机具有帮助人们“移动物体”的属性。企业生产的实际上是产品的功能,用户购买的实际上也是产品的功能。如:用户购买电冰箱,实际上是购买“冷藏食品”的功能。

在TRIZ中,功能是产品或技术系统特定工作能力抽象化的描述,它与产品的用途、能力、性能等概念不尽相同。功能一般用“动词+名词”的形式来表达,动词表示产品所完成的一个操作,名词代表被操作的对象,是可测量的。

例如:钢笔,它的用途是写字,而功能是存储墨水;铅笔,它的用途是写字,而功能是摩擦铅芯;毛笔,它的用途是写字,而功能是浸含墨汁。

任何产品都具有特定的功能,功能是产品存在的理由,产品是功能的载体;功能附属于产品,又不等同于产品。

功能分析应用范围目前主要包括两个方面,即新系统的设计及已有系统的改进。开发新技术系统时,首先需确定系统完成或实现的主要功能,然后将主要功能分解为子功能,即功能分解。改进已有技术系统时,是理清技术系统的主要功能及其辅助功能,以便理解系统,找出系统的问题所在。

5.1.2 系统功能分析的作用

1. 明确发明对象的功能

功能分析的最主要目的就是要搞清发明事物所应具有的全部功能。例如电冰箱,它应具备的两项基本功能是保鲜和制冷。

2. 为创造方案提供依据

有了明确的各级功能目标,可以为方案的创造或发明设想指明具体的方向。发明者必须具有“方法是为目标服务”的清醒认识。

3. 充分掌握各项功能之间的相互关系

功能分析的另一个重要作用就是要充分明确和掌握发明对象中内含的各项功能之间的逻辑关系和功能之间的相互影响。

4. 扩大方案创造的设计思路

以功能分析为核心进行方案的设计,能够有效地拓宽思路,构思出价值更高、效果更好的方案来。不以结构要素为思考点,而是从事物所应具有的功能为思考点。

5.2 功能描述

5.2.1 功能描述的相关概念

1. 功能

功能是指产品能够工作或其能够被出售的特性。从生产者角度来看,功能的定义是产品能干什么,而从顾客角度来看,功能的定义是为什么购买。例如,从生产者角度看,空调的功能是调节温度;而从顾客角度来看,空调的功能是可以使空间舒适度更高。

2. 功能描述

功能描述就是指对分析对象及其组成部分所应具有的各种功能,用简明、准确的语言进行描述。需要强调的是,功能语言可以让我们看到问题的本质,虽然大多数情况下功能

的描述与日常用语是相同的,但有些功能在描述时与日常用语是相当不同的。

比如,我们说开着的门是让人通过的。这是我们日常生活的用语,而如果用功能分析的语言来描述,则二者根本没有功能,因为开着的门与人并没有发生接触,不具备功能存在的条件。而门关上的时候,人就有可能与门有功能存在了,因为门阻挡了人。让人的运动轨迹发生了改变,或者说把人挡在门外的这个状态得到了保持。

3. 组件

组件就是指组成系统或超系统的一部分的物体。这里所指的物体是指广义上的物体,是指物质或者场以及物质和场的组合。物质是指具有静质量的物体,比如常见的车、车轮、牙刷、椅子、杯子、水、空气等都属于物质。场是指没有静质量,但可在物质之间传递能量的物体。比如电磁场、热量、重力、超声等都属于场。由此定义看出,组件是指组成系统或超系统的物质或场以及物质和场的组合。

一个功能如果存在,必须具备三个条件:

- (1) 功能的载体和功能的对象都是组件,即物质或场。
- (2) 功能的载体与功能的对象之间必须有相互作用,即二者必须相互接触。
- (3) 功能对象的至少一个参数应该被这个相互作用改变或者保持。

从这三个条件中,我们不难看出,两个组件接触了并不一定有功能。因为功能更加强调结果,即参数的改变或保持。

5.2.2 功能描述的原则

功能描述对我们常规的思维来说是一种挑战。为了使功能描述变得更加简便易于理解和表达,特规定以下几项原则:

- (1) 功能可以描述为工作+对象(V+O)。

例如:电线的功能是传输电流,房子的功能是保持温度。更多的功能定义的直觉表达与本质表达如表 5.1 所示。

表 5.1 功能定义的直觉表达与本质表达

技术系统	直觉表达	本质表达
电吹风机	风干头发	蒸发水分
电风扇	凉爽身体	移动空气
放大镜	放大目标物	改变光线
白炽灯	照亮房间	发光
挡风玻璃	保护司机	防止车外物体撞击
二极管	整流电流	阻滞某极性电流

从表 5.1 中可以看出,直觉表达描述的不是功能,而是功能执行的结果。TRIZ 的功能定义尽量采用本质表达。

练习:规范地描述下列功能。

电线的功能:传输电流。

牙刷的功能：去除牙垢。

空调的功能：控制房间的温度。

眼镜的功能：折射光线。

活塞的功能：挤压气体。

水泵的功能：输送液体(水)。

汽车的功能：运载货物或人。

杯子的功能：装流体。

手表的功能：计时。

(2) 功能受体至少要有有一个参数受到影响,发生改变。

例如：传输电流意味着电流位置的改变。保持温度意味着温度高低的保持。

练习：规范地描述下列功能。

传输电流：电荷位置发生改变。

去除牙垢：牙垢空间位置发生改变。

控制房间温度：房间温度发生改变。

折射光线：光线长度发生改变。

挤压气体：气体密度(体积)发生改变。

输送液体：液体位置发生改变。

(3) 禁止使用“不”替代否定动词。

不能说“陶瓷不能传导电流”，而要说“陶瓷阻碍电流”。

不能说“河堤缺口不能阻止河水”，而要说“河堤缺口引导河水”。

(4) 功能受体必须是组件,不能是组件参数,并且需要针对特定条件下的具体技术系统进行功能陈述。

5.2.3 功能的分类

1. 根据组件在系统中的作用

按照组件在系统中起的作用的好坏,我们将功能分为有用功能、有害功能和中性功能。需要注意的是,组件在系统中的功能好坏是主观的。如果功能是我们期望的,就是有用功能;而与我们所期望功能相反,就是有害功能。

例如,作为台灯的白炽灯泡除了有用功能“发光”外,还有有害功能“发热”。而在孵化箱中,同样的灯泡“发热”的功能是有用的,“发光”则是中性的。

有用功能按照它的性能水平来分又可以有以下分类。如果一个有用功能所达到的水平达到了我们期望,与我们的期望值相符,则我们称这个功能是充分的功能;如果一个功能所达到的水平低于我们的期望值,则我们称这个功能是不足的功能;而如果一个功能所达到的水平高于我们的期望值,则我们称这个功能是过度的功能。

例如,空调的一个很重要的功能是制冷空气。人的体感温度在 20℃至 25℃是比较舒服的;在夏天的时候,室外温度达到了 35℃以上,如果用空调制冷后,室内空气的温度达到了舒适体感温度的区间,则我们说空调制冷空气这个功能是充分的;如果空调已经制

冷,但制冷后的温度只能达到 34℃,虽然与我们的期望一致,但没有达到所期望的水平,则我们说空调制冷空气的功能是不足的;而如果制冷后的温度太低,比如说达到了 0℃ 以下,已经超出了我们的期望,则这个功能就是过度的。

2. 根据功能级别

如果工程系统中的某个组件的某个功能是有用的,根据功能的作用对象的不同,还可以将其做如下分类,即主要功能、基本功能和辅助功能。

如果功能的对象是系统的目标,功能载体是技术系统本身,则这个功能是主要功能。如果功能载体是与系统作用对象直接作用的系统组件,则我们称这个功能是基本功能。如果载体是系统或超系统中的组件,则我们称这个功能是辅助功能。

这三类功能是不是同等重要呢?答案是否定的。

对于主要功能,因为它直接作用于工程系统的目标(主要功能的作用对象),则它的分数就最高,我们将其记为 3 分。

对于基本功能,其任务是保证完成主要功能的组件功能,因此它的功能得分次之,我们将其记为 2 分。

而对于辅助功能,其任务是保证完成基本功能的组件功能,对超系统的组件有所影响,但又不是系统的目标,因此其功能的得分也最低,我们将其记为 1 分。三种功能的特征如下:

1) 主要功能

- (1) 反映系统的主要有用功能(系统功能)。
- (2) 系统创建或设计的目的和目标。
- (3) 功能载体是技术系统本身。

2) 基本功能

- (1) 保证完成主要功能的组件功能。
- (2) 技术系统组件的功能级别最高为基本功能。
- (3) 功能载体是与系统作用对象直接作用的系统组件。

3) 辅助功能

- (1) 保证完成基本功能的组件功能。
- (2) 功能载体是系统或超系统中的组件。

5.3 功能分析

从某种程度上说,分析问题比直接解决问题更加重要。本节将介绍现代 TRIZ 理论中一个非常重要的分析问题的工具——功能分析,它是后续许多工具的基础,比如因果链分析、剪裁、功能导向搜索等,也是在世界许多著名大企业中应用最为广泛、最为有效的 TRIZ 工具。即使在利用经典 TRIZ 的工具解决问题的时候,如果能用功能的语言来描述问题,也将会使解决问题的过程有所简化。

5.3.1 功能分析的概念

功能分析是一个分析问题的工具,是一种识别系统和超系统组件的功能、特点及其成

本的分析工具,主要用来识别后期需要解决的问题。

1. 基本概念

1) 工程系统

工程系统是指能够执行一定功能的系统。一般说来,它指的是我们整体的研究对象。比如,我们研究的对象是一辆自行车,自行车的功能是移动人或者移动物,则它就是一个工程系统。而如果研究对象是一个车轮,车轮能够执行的功能是支撑车架及移动车架等功能,则我们可以将车轮看成一个工程系统。工程系统的级别是相对的,根据我们的研究目的来确定工程系统的范围。

2) 超系统

超系统是指包含被分析的工程系统的系统,在超系统中,我们所要分析的系统只是其中的一个组件。组成超系统的组件,就是超系统组件。工程系统和超系统的划分没有严格的界限,完全取决于项目的需要,一般来说,被研究对象之外的组件,超出项目范围以外的组件,或者说在项目的限制内某个组件没有可调节的自由度,那么这些组件可以作为超系统组件。

2. 功能分析的步骤

功能分析分为三部分,即组件分析、相互作用分析和创建功能模型。

- (1) 组件分析是指将系统和超系统的组件加以区分,并分类列出来。
- (2) 相互作用分析是识别组件两两之间的相互作用,为以后建立功能模型打下基础。
- (3) 建立功能模型是指识别组件之间的具体功能,并根据它们执行功能的性能加以评估,最后形成功能模型图。

5.3.2 组件分析

组件分析用于问题识别阶段,是功能分析的一部分,它用于识别工程系统的组件以及超系统中与工程系统有相互作用或者共存的组件。

1. 选择合适的组件分析层级

在做组件分析的时候,首先需要根据项目的目标和限制选择合适的层级。比如,如果我们的研究对象是车,那么分析到的部件层级可能是车架、车轮、齿轮、链条等。而如果研究的对象是车轮,则分析到的部件层级可能是内胎、外胎、轮毂、辐条等。需要注意的是,如果选择的层级过高,则将会遗漏掉某些细节,找不到问题的根源;而如果选择的层级过低,将会出现很多组件,会使系统变得非常复杂,分析也很费力。因此,需要根据项目的需要,选择合适的层级,将系统中存在的问题找出来。

然后,将这些组件根据系统组件和超系统组件进行分类。将系统组件放在一起,将超系统组件放在一起。

2. 组件分析的注意事项

在对组件进行分析时,需要注意以下问题:

(1) 选择在同一层级上的组件,不要混杂。比如我们在分析车的时候,如果已经有了车轮这个组件,就没有必要将内胎、外胎、轮毂等列出来,因为它们不是在一个层级上的,内胎、外胎、轮毂等都已经包含在车轮这个组件中了。

(2) 如果有多个相同的组件,可以将它们看作一个组件。比如汽车的四个车轮,如果在分析的时候,认为它们执行的功能是相同的,则只要将它们写为车轮就可以了,而不需要将它们区分为车轮1和车轮2。当然,如果认为前轮和后轮执行的功能不同,则可以将它们加以区分为前轮和后轮。

(3) 如果发现在一个组件需要更加详细的分析,则可将这个组件分开到更低的一个层级上重新进行组件分析。

(4) 超系统组件是指超系统中的组件,它不是被研究工程系统的一部分,却与工程系统相互影响。比如,我们在研究自行车的时候,风、重力、道路等都属于超系统组件。

(5) 我们从实际的项目中得出一些经验,在进行功能分析的时候,组件的数量不宜过多,尽量保持在10个以内。如果超过20个,建议将某一部分单独取出另行功能分析。

5.3.3 相互作用分析

在做完组件分析后,接下来是进行相互作用分析。相互作用分析是指两两识别工程系统或超系统组件的相互作用的分析。

1. 相互作用分析的步骤

相互作用的概念非常简单,两个组件相互接触了就算是相互作用。相互作用背后隐含着一个重要信息,即如果一个组件要对另外一个组件有某种功能,前提条件是二者必须相互接触才行。相互作用分析的输出是一个相互作用的矩阵。其具体操作步骤如下。

(1) 在矩阵中,在第一行中列出组件分析中所得到的组件,在第一列中也列出组件分析中的组件,排列顺序要完全相同。

(2) 两两分析组件,看二者有无相互作用,即接触,如果有相互接触,则在矩阵单元中写“+”标记,如果没有则以“-”标记。

(3) 重复以上操作,直到将所有矩阵表格填满,对角线上的元素除外。

(4) 如果发现其中某个组件与其他任何组件都没有相互作用,则需要重新检查。如果确定与任何其他组件均无相互作用,则说明这个组件不会有功能,将这个组件去掉就可以了。

相互作用分析矩阵将相接触的部件标识出来,带“+”的元素意味着可能有功能,后续需要分析具体功能是什么。而带“-”表示两者没有功能,后续功能分析中将不再考虑两者的功能。

2. 相互作用分析的注意事项

在做相互作用分析时,需要注意以下两个事项。

(1) 有的组件是靠场相互接触的,容易被忽略。比如两块靠得很近的磁铁,有人会认为二者没有相互作用,因为二者并没有接触。实际上,磁铁之所以被称为磁铁,是因为它

能够产生磁场,一个磁铁处于另外一个磁铁所产生的磁场中,所以二者是相互接触的。再比如在描述声音的时候,一个人说话另外一个人能够听到,有些人在做相互作用分析的时候认为二者没有相互作用,这也欠妥。可以认为一个人产生的声场也是这个人的一部分,这个人通过声场与第二个人相互作用。对于这种情况,可以有两种相互作用的描述。可以认为一个人通过声场与另外一个人有相互作用;也可以认为一个人产生了声场,声场与另外一个人有相互作用。

(2) 在做相互作用分析的时候,不要只做一半,最好将另外一半也完成,这样可以检查是否有遗漏。如果相互作用的表格不对称,则意味着相互作用分析时出了问题,需要重新检查。

5.3.4 创建功能模型

功能建模是对工程系统进行功能分析的一个阶段,目的是为了建立一个功能模型,功能模型描述了工程系统或超系统组件的功能、用途、性能水平及成本等。

1. 创建功能模型的步骤

一个工程系统的功能可能不止一个,因此,需要将这些功能综合起来,以便进行直观的分析。功能模型是建立在组件分析、相互作用分析和功能分析基础之上的。功能模型是功能分析部分的输出。具体流程如图 5.1 所示。

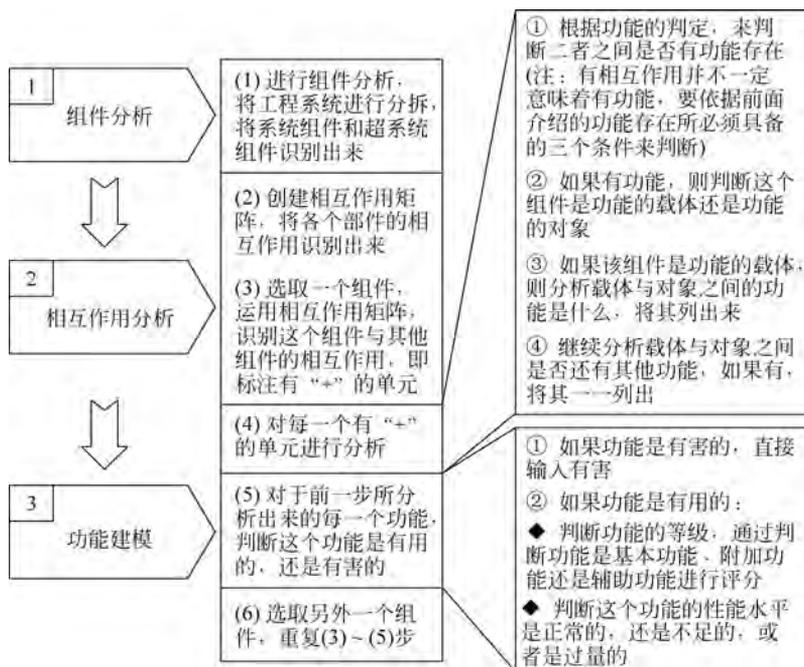
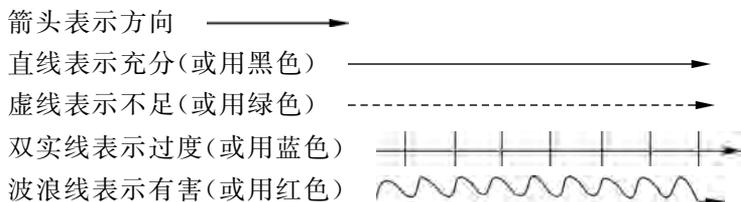


图 5.1 建立功能模型的步骤

2. 功能模型的图形化表示

我们可以用图示的形式将功能表示出来。这样就可以一目了然地对系统有了整体的

了解,其中的问题也就显而易见了。组件分析中所列出的组件中有系统组件、超系统组件(目标是一种特殊的超系统组件),为了将它们进行区分,通常用不同形状的框图来表示。功能类型一般用以下方式表示。



3. 功能分析时的注意事项

- (1) 功能分析不是一个人的工作,而是一个团队的工作。
- (2) 对系统做功能分析时会对系统有更加清楚的认识。对某个功能不太清楚的地方不要轻易放过,将其深挖非常重要。
- (3) 对于同一个系统,功能分析所得到的结果,不一定是唯一的。
- (4) 与表格化的功能模型相比,图形化的功能模型往往比较直观。

5.3.5 功能建模实例

1. 注射器组件模型表

注射器组件模型如表 5.2 所示。

表 5.2 注射器组件模型

系统	子系统	超系统
注射器	推杆	手指
	针管	药液
	针头	肌肉

2. 注射器结构模型表

注射器结构模型如表 5.3 所示。

表 5.3 注射器结构模型

	推杆	针管	针头	手指	药液	肌肉
推杆		+	-	+	+	-
针管	+		+	+	+	-
针头	-	+		-	+	+
手指	+	+	-		-	-
药液	+	+	+	-		+
肌肉	-	-	+	-	+	

3. 注射器组件功能模型表及功能模型图

注射器组件功能模型分别如表 5.4 和图 5.2 所示。

表 5.4 注射器组件功能模型

超系统	作用方向	子系统	功能	属性
手指	→	推杆	推动	力量
药液	←	针管	存储	容量
手指	→	针管	固定	稳定性
药液	←	推杆	移动	位置
药液	←	针头	指引	方向性
子系统	作用方向	子系统	功能	属性
针管	→	推杆	指引	方向性
针管	→	针头	固定	形状
超系统	作用方向	子系统	功能	属性
肌肉	←	针头	扩张	易受伤性

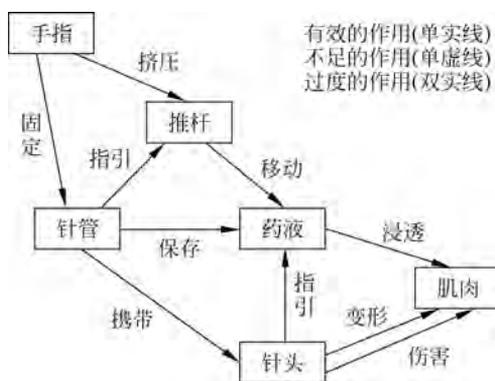


图 5.2 注射器组件功能模型

5.4 系统裁剪

裁剪是一种现代 TRIZ 理论中分析问题的工具,是指将一个或一个以上的组件去掉,而将其所执行的有用功能,利用系统或超系统中的剩余组件来替代的方法。换句话说,裁剪通过教会系统或超系统的其他组件执行被裁剪组件的有用功能的方式来保留系统的功能。裁剪后的工程系统成本更低,更加简洁,可靠性也可以提高,工程系统的价值也可以相应提高。

按照阿奇舒勒对产品进化定律的描述,产品进化有朝着先复杂化然后简化的方向进化。产品进化过程中简化的实现可以通过系统裁剪来实现。因此,系统裁剪是一条重要的进化路线,体现在组成系统的元素数量减少的同时,系统仍能保证高质量的工作。

【例 5-1】 PPSH41 冲锋枪。

苏联卫国战争初期,德军的攻势势如破竹,苏联的大部分兵工厂都被摧毁,而前线却迫切需要大量的武器装备,尤其是需求量最大的步枪和冲锋枪。在这种情况下,只有生产“最简单的结构、最经济的设计、最优良的火力”的冲锋枪才是上上之举。1941 年,PPSh

冲锋枪诞生了,命名为 PPSH41(俗称“波波沙”),见图 5.3。在整个二战期间,PPSh41 不停地被制造并装备苏联红军。

苏军步兵战术原则中有一条:“以坚定不移的决心逼近敌人,在近战中将其歼灭。”波波沙冲锋枪的外形格局明显模仿芬兰索米,但内部构造却大相径庭。结构非常简单,大部分零件如机匣、枪管护管都是用钢板冲压完成,工人只需作一些粗糙加工,如焊接、铆接、穿销连接和组装,再安装在一个木枪托上就完成了。制造工艺简单,没有复杂技术,冲压技术节省材料,造价低廉,制造速度很快,一般的学徒工稍加培训就可以轻松操作。到了 1945 年战争结束时,PPSh 冲锋枪已经生产了惊人的 550 万支,居二战冲锋枪生产的榜首。



图 5.3 PPSH41 冲锋枪

【例 5-2】 苏联 T-34 坦克。

二战期间,苏联的技术基础较差,关键是工艺不过关,因此多靠简单而构思合理的设计去补拙,再以数量压倒对方。二战中的 T-34 坦克(图 5.4)的设计就说明了这一原则,它结构非常简单,但很合理。例如前壁制成坡形,既使得它的受弹角度利于弹开炮弹,又等于在不增加重量的前提下增加了坦克的装甲厚度。无论是装甲、大炮的口径和射程,都远远超过德国当时的主战坦克 Panzer IV(图 5.5)。T-34 的发动机是根据俄国的气候条件设计的,因此在严寒中也能轻松启动,不会像德国坦克那样冻死。履带较宽,不怕秋雨造成的俄国平原上的无边泥泞,无论哪方面都远远超过了德国坦克。最大的优点,还是它设计简单,不需要复杂的机械传动装置,可以在一般的拖拉机厂内大规模制造。



图 5.4 苏联 T-34 坦克



图 5.5 德国 Panzer IV 坦克

苏联在军工产品设计上一直秉承着这样一条原则,就是应用简单的结构实现强大的功能,那么遵循什么方法呢?就是裁剪。

苏联军械设计师沙普金有句名言:“将一件武器设计得很复杂是非常简单的事情,设

计得很简单却是极其复杂的事情。”他设计的冲锋枪(PPSh41)正是贯彻了这个理念。

5.4.1 裁剪的重要作用

裁剪是现代 TRIZ 理论体系中的一个非常重要的部分,是区别于经典 TRIZ 理论的一个重要工具。

(1) 裁剪法可以转换问题,即如果解决或者改善一个组件带来的问题非常困难,则可以尝试将这个组件去掉,那么原来的问题就被替换成为一个新问题,即如何让剩余的组件执行原来的有用功能。

(2) 消除功能不正常的组件,它所带来的有害因素也随之消失。

(3) 减少组件的数量,降低系统的复杂度,使系统更加稳健可靠。

(4) 由于减少了组件,有可能降低系统的成本,但并不损失系统的功能。

(5) 一般说来,裁剪意味着创新,裁剪的程度越大,则创新的水平也越高。

(6) 裁剪法是一个非常强大的专利规避方法,目前已经在许多世界知名大公司,比如现代汽车、浦项制铁、通用电气等公司中广泛应用,它可以有效规避竞争对手的专利,将专利中所涉及的解决方案付诸实施而不会侵犯原有的专利。

(7) 裁剪是一种进化趋势。

5.4.2 裁剪原理及过程

由功能分析得到的存在于已有产品中的小问题可以通过裁剪来解决。通过裁剪,将问题功能所对应的组件删除,改善整个功能模型。组件被裁剪之后,该组件所需提供的功能可根据具体情况选择以下处理方式:

(1) 由系统中其他组件或超系统实现;

(2) 由受作用组件自己来实现;

(3) 删除原来组件实现的功能;

(4) 删除原来组件实现功能的作用物。

例如,图 5.6(a)是已有牙刷的功能模型。将牙刷柄裁剪掉后,得到图 5.6(b)的功能模型。原来组件“牙刷柄”的功能由系统中其他组件——“手”来实现,简化了系统。

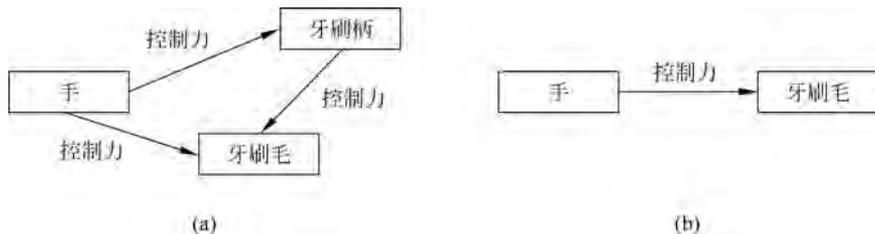


图 5.6 牙刷的功能模型

从进化的角度分析,功能裁剪一般发生在由原产品功能模型导出的最终理想解模型不能转化为实际产品的时候。Grawatsch 用以下问题来描述裁剪的过程,如表 5.5 所示。

将这些问题分别对应技术系统的不同的进化模式,从而定义产品功能的理想化程度,

应用裁剪与预测技术寻找中间方案。

表 5.5 功能裁剪的问题对应于技术进化的模式

进化定律	对应的裁剪问题
技术系统进化的四阶段	是否有必要的功能可以删除
增加理想化水平	是否有操作组件可以由已存资源(免费、更好、现在)替换
零部件的不均衡发展	是否有操作组件可以由其他组件(更高级)替换
增加动态性及可控性	是否系统可以取代功能本身
通过集成以增加系统功能	是否一些组件的功能或组件本身可以被替代
交变运动和谐性发展	是否有不需要的功能可以由其他功能所排除
由宏观系统向微观系统进化	是否有操作组件可以由其他组件(更小的)替换
增加自动化程度,减少人的介入	是否有不需要的功能可以由其他功能(自动化控制的)所排除

Darrell Mann 给出六个问题来描述功能裁剪的具体过程,如表 5.6 所示,应用这六个问题来考量功能模型中组件功能之间的关系,并在具体操作中规范了裁剪的顺序与原则,指导裁剪动作的实施。

表 5.6 功能裁剪的具体过程

裁剪的问题	裁剪的顺序	裁剪的原则
<p>此组件的功能是否为系统必需的?</p> <p>在系统内部或周围是否存在其他组件能完成此功能?</p> <p>是否已有资源能完成此功能?</p> <p>是否存在低成本可选资源能完成此功能?</p> <p>是否此组件必须能与其他组件相对运动?</p> <p>是否此组件能从组件中方便地装配或拆卸?</p>	<p>I) 许多有害作用、过剩作用或不足作用关联的组件应裁剪掉,那些带有最多这样功能(尤其是伴有输入箭头的,即组件是功能关系的对象)的组件是裁剪动作的首要选项</p> <p>II) 不同组件的相对价值(通常是金钱)。最高成本的组件代表着最大的裁剪利益的机会</p> <p>III) 组件在功能层次结构中所处的阶层越高,成功裁剪的概率就越高</p>	<p>A) 功能捕捉</p> <p>B) 系统完整性定律</p> <p>C) 耦合功能要求</p> <p>① 实现不同功能要求的独立性</p> <p>② 实现功能要求的复杂性最小</p>

5.4.3 裁剪对象选择

通过功能分析建立产品功能模型以后,对模型中组件进行逐一分析,确定裁剪对象和顺序。多种方法可以帮助确定组件的删除顺序。从裁剪工具的角度来说,因果链分析、有害功能分析、成本分析为较重要的方法,因为这三种方法可以快速确定裁剪对象,其他方法可以作为辅助方法帮助确定裁剪顺序。其中优先删除的组件具有以下特性:

(1) 关键有害因素:由因果链分析可以得知有害因素,可直接删除系统最底层的根本有害因素,进而删除其他相关较高阶层的有害因素。

因果链分析的主要作用是找出工程系统中最关键的有害因素。其方法为从目标因素回推找到产生问题的有害因素,直至找到最根本的原因。一般来说,因果链分析能找到大

量的有害因素,但大部分有害因素都源于几个少数的根本有害因素。根本有害因素排除后,其后面的有害因素也就自然而然地被排除。

(2) 最低功能价值:经由功能价值分析,可删除功能价值最低的组件;组件的功能价值可以由组件价值分析进行评估。通常,评估功能组件价值的参数有三个:功能等级、问题严重性和成本。若针对产品设计初期的概念设计,在功能价值评估过程中可以不考虑成本的问题。

(3) 最有害功能:对组件进行有害功能分析,删除系统中有害功能最多的那个组件,增加系统的运作效率。

有害功能分析是通过组件的有害功能数量的多少及有害功能的加权数值来进行的,其中加权者为产品设计人员。

(4) 最昂贵的组件:利用成本分析可删除成本最昂贵且功能价值不大的组件,这样可以大幅降低系统的制造成本,成本分析是将系统组件的成本做比较,成本越高的组件被删除的优先级别就越高。

5.4.4 裁剪法的实施策略

裁剪是一种改进系统的方法,该方法研究每一个功能是否必需,如果必需则研究系统中的其他组件是否可完成该功能,反之则去除不必要的功能及其组件。经过裁剪后的系统更为简化,成本更低,而同时性能保持不变或更好,剪裁使产品或工艺更趋向于理想解(IFR)。

应用裁剪主要针对已有产品,通过进行功能分析,删除问题功能组件,以完善功能模型。裁剪的结果会得到更加理想的功能模型,也可能产生一些新的问题。对于产生的新问题,可以采用 TRIZ 的其他工具来解决。

假如组件 A 希望被裁掉,找到希望裁剪的组件 A 后,在裁剪实施时可采取下列策略依顺序进行判断,找到适合该系统的裁剪方式和方法。假设组件 B 为组件 A 的作用对象。

策略一:若组件 B 不存在了,组件 B 也就不需要组件 A 的作用,那么组件 A 就可以被裁剪掉。

如果组件 B 是该系统的系统作用对象,那么此条不适用,可采用策略二。

策略二:若组件 B 能自我完成组件 A 的功能,那么组件 A 可以被裁剪掉,其功能由组件 B 自行完成。如果不存在策略二的条件,可采用策略三。

策略三:若该技术系统或超系统中其他的组件可以完成组件 A 的功能,那么组件 A 可以被裁剪掉,其功能由其他组件 C 完成。如果不存在策略三的条件,可采用策略四。

策略四:若技术系统的新添组件可以完成组件 A 的功能,那么组件 A 可以被裁剪掉,其功能由新添组件 C 完成。

裁剪方式的优先级为:策略一→策略二→策略三→策略四,可以选择多种裁剪方式得到不同的解决方案。

5.4.5 裁剪法实例——近视眼镜

根据裁剪法实施裁剪对象选择原则,近视眼镜系统中提供最低价值辅助功能的组件是镜腿,因此从镜腿开始裁剪。如图 5.7 所示,镜腿的功能为支撑镜框。根据裁剪法的实施策略,逐一寻求裁剪镜腿的解决方案。

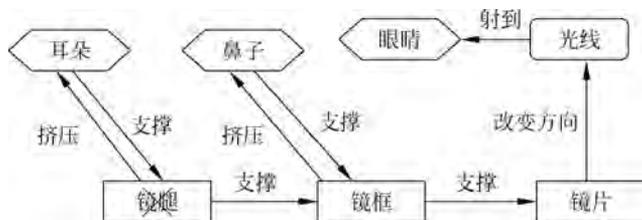


图 5.7 裁剪镜腿的解决方案

- (1) 实施策略一：没有镜框(因此镜框不需要支撑作用)。
- (2) 实施策略二：镜框自我完成支撑作用。
- (3) 实施策略三：技术系统中其他组件完成支撑镜框作用(如镜片)；超系统组件完成支撑镜框作用(如手、鼻子、眼睛等)。

选择实施策略三,用超系统组件中的鼻子或手,来完成支撑镜框的作用。如图 5.8 所示。实际上,很早的时候就存在这种无腿近视眼镜,使用时用鼻子或手来进行支撑。如图 5.9 所示。

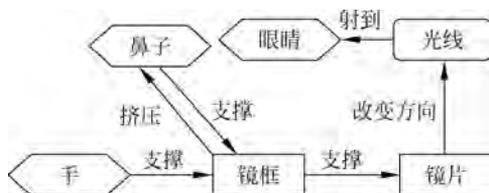


图 5.8 超系统组件中鼻子或手完成支撑镜框的作用



图 5.9 无腿近视眼镜

继续裁剪,眼镜系统中剩余的组件中,镜框和镜片相比,镜框的功能是辅助的,相对价值较低,故裁剪镜框,如图 5.10 所示。镜框的功能为支撑镜片。根据裁剪法的实施策略,逐一寻求裁剪镜框的解决方案。

(1) 实施策略一: 没有镜片(因此镜片不需要支撑作用)。

(2) 实施策略二: 镜片自我完成支撑作用。

(3) 实施策略三: 技术系统中其他组件完成支撑镜片作用(无); 超系统组件完成支撑镜片作用(如手、鼻子、眼睛等)。选择实施策略三,用超系统组件中的眼睛,来完成支撑镜片的作用。如图 5.11 所示。

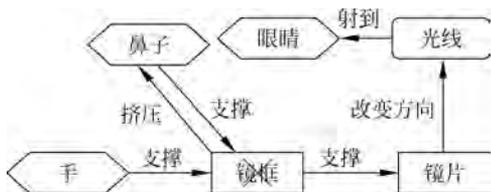


图 5.10 裁剪镜框

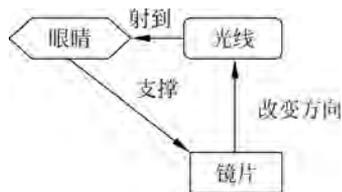


图 5.11 超系统组件中眼睛完成支撑镜片的作用

很容易想到,这种眼镜就是隐形眼镜。如图 5.12 所示。



图 5.12 隐形眼镜

再继续裁剪,系统中还剩下一个组件,即镜片,镜片的功能为改变光线的方向,使其进入眼睛。如图 5.13 所示。根据裁剪法的实施策略,逐一寻求裁剪镜片的解决方案。

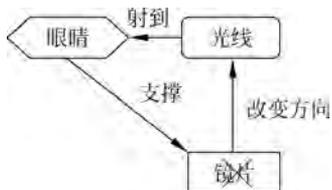


图 5.13 裁剪镜片

(1) 实施策略一: 没有光线(光线为系统作用对象,因此实施策略一不可用)。

(2) 实施策略二: 光线自我完成改变其方向的作用。

(3) 实施策略三: 技术系统中其他组件完成改变光线方向的作用(无); 超系统组件完成改变光线方向的作用(如眼睛),如图 5.14 所示。选择实施策略三,用超系统组件中的眼睛,来完成改变光线方向的作用。



图 5.14 超系统组件中眼睛完成改变光线方向的作用

整个眼镜系统已被裁剪,眼镜不存在了。通过眼睛自身来改变光线的方向,完成调整视力的功能。这就是现在的医疗技术——近视眼手术,如图 5.15 所示。

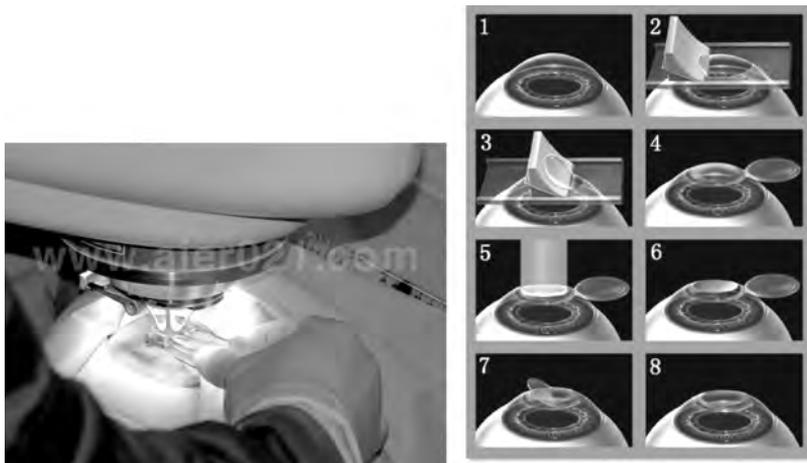


图 5.15 近视眼手术