

智能制造产品开发设计运营管理 技术应用策略研究

湖南商务职业技术学院 陈 兵

由于比传统企业的产品更具先进性，智能制造企业的产品更需不断地被开发与创新。开发与创新的理论依据是技术创新动态理论。智能产品的开发设计可以从不同的角度切入，努力实施标准化、系列化和通用化，其设计方法有一般方法和现代方法。用质量功能展开是一种顾客导向的产品设计模式，并行工程是适合于智能产品开发的组织形式，价值工程被广泛应用于产品开发，开发设计的新产品应力求使产品可靠性、失效率等指标的优化。

智能制造企业是智能型产品制造或智能型服务提供的企业，因为服务是一种特殊的无形产品，故本文将有形产品和服务统称为产品。企业的发展基础之一是具备满足市场需求的产品，开发、设计产品是决定企业前途的根本任务，成功的产品开发能为企业后续发展铺平道路，而这项工作又是颇具技术性的运营管理工作，对智能制造企业提出了很高的要求。

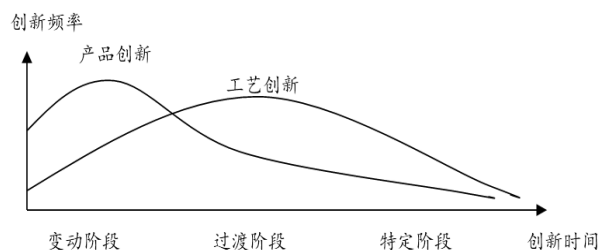
一、技术创新动态理论支持产品开发

开发新产品就是一种技术创新活动。技术创新尾随发明，它是对现有知识的综合，把知识技术化，并应用与实际，通过技术手段转化为生产力，创造价值。技术创新包括产品创新、工艺创新、扩散，产品创新即所谓的新产品，现对于老产品可以全新或局部改良产品，工艺创新是指对生产过程、方法的创新，扩散是把前两者以适当渠道传播开来。按照技

术来源的不同，技术创新分为自主技术创新和引进技术创新。

1. 自主技术创新动态理论

自主技术创新频率与创新阶段的关系如图 1 示。



技术创新先后经过变动、过渡和特定三个阶段。在变动阶段，产品创新十分活跃，新产品大量出现，但工艺创新相对落后，工艺创新缓慢提高，产品创新拉动工艺创新；在过渡阶段，产品创新集中于产品系列化、通用化、组件化、标准化问题，产品创新步伐放缓，而工艺创新开始异常活跃；

在特定阶段,此时产品、工艺竞争重点是产品质量与成本比率,产品创新和工艺创新频率已降到地位,创新寿命行将结束。

2. 引进技术创新动态理论

另一种快速高效的创新是:引进、消化、吸收、改进他人的技术。这让许多技术落后企业迅速赶超上先进企业,其成功之关键是模仿之后的创新,即对引进的技术再创新,实施二次创新,它要求企业不盲目照搬照抄他人技术,结合自身实际,按照技术进步轨迹,创新所引进的技术。引进技术创新频率一阶段动态图与图1相同,只是横轴改为模仿、消化和改进三个阶段。如表1所示。

表1 引进技术创新三阶段特点

特点	模仿阶段	消化阶段	改进阶段
关注重点	产品及工作质量	成本	产品性能
创新动力	自身技术瓶颈	外部技术瓶颈	市场变化
创新类型	工艺创新	产品创新	工艺、产品改进
产品品种	单一	系列化、标准化	多样化
生产过程	学习他人生产过程	内化自己的生产过程	成熟、稳定、效率
生产管理	定目标、计划、仿制	专业化、标准化	全员创新
战略	学习、掌握	打入市场	扩大市场

二. 智能制造产品开发策略

1. 智能产品开发方向

随着时代发展和市场需求的变化,智能新产品的开发应该顺应以下趋势。

(1) 多功能。产品功能要多样、齐全,使用一种产品可以满足多种需要,从而扩大适用面,例如MP3和U盘组合存储设备。

(2) 复合多种单一产品于一身。这样可避免购买多种单一产品,既节约成本又方便使用,例如手机也具有电视、计时、照相、录音、计算等能力,洗衣机也同时是烘干机。

(3) 便携。也即体积小,重量轻,小型化,移动化,口袋化。

(4) 节能环保。满足绿色消费,省油省电省燃料,使用寿命周期成本低。

(5) 模块化。也即组件化、集成化,把多种零件组合

成同一功能的模块,实施模块之间的联结,使故障查找和维修更换变得容易。

(6) 操作简便。虽然产品是高科技、智能化的,但结构巧妙,零件较少,使用容易,便于操作,例如:新技术和新材料的使用,或者零件的标准化、系列化和通用化,可以使操作简便。

2. 产品开发切入角度

之所以要开发新产品是由于两大因素所致:技术推动和市场推动。当科学发现和技术进步时,自然就开发出新产品,这就是技术推动的产品开发,是原创型开发,其开发循序为:技术—生产—市场。当发现了市场需求,并主动开发满足市场需求的新产品,这就是市场推动的产品开发,是需求型开发,其开发循序为:需求—研发—生产—市场。针对两大因素的产品开发可以从以下四个角度切入:

(1) 挖掘老产品的新功能。找到并赋予老产品新功能,增加新用途,从而扩大其使用面。例如,台灯的基本功能是照明,当挖掘出其保护视力的功能后,调光、测光等新型护眼台灯就被相应地开发出来了。

(2) 技术应用与推广。科学发现与技术创新,必须应用与推广才能造福人类。例如早年发现了磁性材料,并掌握了其磁性规律后,将其应用就发明了录音磁带、录像带、光碟直至电脑存储设备。

(3) 从消费者需求出发。做好市场调查,掌握需求动态,改善另消费者不满的产品功能,研制有需求但市场空白的产品,不但要满足市场现实需求,还要开发潜在需求的产品。

(4) 借助竞争策略。使用有效的竞争策略可以开发竞争力强的新产品,如表2所示。

表2 开发新产品使用的竞争策略

竞争策略类型	策略说明	新产品类型
成本领先策略	成本在同业竞争者中最低,价格低廉,有规模效应,生产率高。	低价新产品
独特性策略	生产性能独特的产品或专利产品,成本高,技术能力强。	别具一格新产品
抢先策略	抢在竞争对手之前投放市场新产品,开发、生产、管理、响应等能力很强。	抢占市场位置新产品
跟随策略	仿制竞争力强的产品,快速投放市场,应变力强,组织效率高,风险低,成本低。	模仿改良新产品

3. 智能产品设计的 “三化”

产品设计的“三化”指标准化、系列化和通用化。产品“三化”是国家的一项技术经济政策,值得大力推广,因为“三化”产品便于设计,节约资源,方便使用及操作,能提高生产效率,利于维修和更换,利于兼容。

(1) 标准化。

标准化分为产品标准化和零件标准化。

产品标准是对某种产品制定的标准,这种标准包括与产品有关的诸方面,例如尺寸、外形、参数、质量、检验、包装、储存、运输、使用、维修各方面的标准。

零件标准是对通用性强和使用量大的零件制定的标准。对全行业通用性强的零件例如紧固件、轴承由国家或部门来制定标准,成为标准件。对企业内使用量大的零件,由企业制定厂内标准,厂内标准由企业结合本厂实际,参考其它产品零件,参考国家标准,以基本型号产品为主,自己制定而成并在本厂内部实施。

标准化后,使得产品和零件规格统一,性能有了共同标准,使工艺同一化,能采用自动化生产技术,生产更专业,产量倍增,生产效率更高。

(2) 系列化。

系列化是标准化的高级形式,它把同一类产品的参数、规格、结构做出统筹安排,搞好完整规划,协调品内规格之间的关系,协调品类与配套品的关系。系列化产品的零件有好的通用性,在通用性的基础上能发展变形产品,既能节约设计和生产成本,又能灵活适应市场对多品种的不同需要。系列化工作要做好以下三项内容:

① 制定产品基本参数系列。

产品基本性能和技术特性由基本参数表达,确定基本参数就是给产品定基调,即规定产品主要性质及特征。方法是:

首先,选择主要参数。它是许多参数中起主要作用的参数,能反映产品本质,其数值稳定,性能参数第一,结构参数第二。

其次,确定主要参数界限。划定界限的最大最小值,此界限是长期观察统计的结构,是切合实际的。

最后,确定参数系列。在参数界限内对参数

予以分布,定级定档。在确定的参数上下界限内,参数分布如表 3 所示。

② 编制产品系列型谱。

在分档分级的基础上,进一步把基本参数系列产品予以细分性的类型规划,反映基型产品与变型产品内在关系,编制品种系统表,绘制品种发展系列型谱图,以此梳理清楚所有的品种关系。

③ 设计系列产品。

设计步骤为如下:

第一,选择系列中的基型。基型的选择标准是:型号典型,产量大,性能稳定,结构合理,适用性强,代表未来发展方向。

第二,利用基型产品和变型产品的通用性,设计基型产品的技术及制造。

第三,设计各种系列的各种规格。把典型化和通用化结合,以通用化确定几种基础件,然后予以横向扩展其他规格。

第三,设计变型系列与变型规格。向纵向延伸,尽量使变型也能通用。

(3) 通用化。通用化指某种零件可以在不同的产品中互换、代替和使用,在不同产品中形成共性零件的标准化形式。通用化的本质是互换,包括功能互换和尺寸互换,前者指某种零件可以在不同的产品中发挥相同的功能,即它可以使用在需要相同功能的多种不同产品中,后者指从尺寸匹配的角度看能够相互替换。做到产品的通用化,可以使产品设计、

表 3 典型参数分布

参数分布类型	特点	公式
等差数列	任意相邻两项之差为一常数。构成简单,便于分级,相邻两项的相对差不均匀,数值小的参数之间相对差大,数值大的参数之间相对差小。	$N_n - N_{n-1} = d$ $N_n \text{ 是任意第 } n \text{ 项的值, } d \text{ 为公差}$ $\text{相对差} = \frac{N_n - N_{n-1}}{N_{n-1}} \times 100\%$
阶梯式等差数列	使各段的公差不同,数值大的参数之间差值增大,各段相对差基本相同	同上
几何级数	任意相邻两项之比为一常数	$r = \sqrt[n-1]{\frac{N_n}{N_1}}$ $r \text{ 是公比, } N_n \text{ 是任意第 } n \text{ 项, } N_1 \text{ 是第 } 1 \text{ 项}$
十进几何级优先数列	数列按照十进规律向两端延伸	以 $\sqrt[10]{10}$ 为公比的等比数列,例如: R_5 数列: 公比为 $\sqrt[5]{10} \approx 1.60$ R_{10} 数列: 公比为 $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$

制造、安装简化,节约人力物力及财力,提高设计、生产及管理效率,同时能适应更广的市场需要,利于扩大销售。通用化程度的高低以通用度来衡量,其计算公式为:

当对产品系列实施通用化时,要分析各系列产品零件的共性与个性,确定共性零件并把它们定为通用件,然后将它们予以标准化设计,对所有系列产品的零件都实行了这种通用化,就完成了全系列通用化。

当对单一产品实施通用化时,其零件尽可能使用已在产品系列中通用化的零件,设计的个性化零件要考虑未来被通用化的可能,尽量实现其个性向共性的转变。

三. 产品设计实施

产品设计方法是多样的,有一般常用的方法和现代方法。

1. 模块设计法

其做法是:首先,搜集、整理、分析已有的标准件和通用件,或者以试验研究方式,设计出各种模块。然后,试图组合搭配,把各种标准件和通用件匹配式堆积,以搭积木方式撮合为新产品,或者将设计出的各模块配对、互换,进行排列组合,“捏造”出新产品。此方法的特点是,以原有的通用件或模块,进行不同的组配来创造新品。

该方法的实施要点:一是企业要有标准件与通用件的基础;二是模块设计的理论合理性和验证可行性;三是试验性组配的反复性;四是采用技术经济分析和价值工程分析法予以优选;五是模块的匹配原则是扬长避短。

2. 内插设计法

内插设计法找到两个规格相邻的产品,在其邻域内发现规格空白域,设计新规格产品填补空白域。此法利用相邻规格产品的原理、结构,融入二者的优点,克服二者的缺点,只需进行少量的试验,就能事半功倍地设计出新品。以新规格内插入相邻规格,能够平滑规格之间的跳跃性,如果插入规格较多,能够形成连续性的系列规格。此法是生产与试验相结合的半经验设计方法,关键是选对相邻产品,这样才能插的准确、有效。

3. 延伸设计法

延伸设计法是对已有的产品、设计、原理、知识、方法延伸应用,对外扩展,从而设计出新产品的方法。它利用知识方法的惯性,把成功的老产品类推到新领域产生创新,其风险小,成功率高,方法简单。内插式设计法是在已知领

域内设计新产品,而延伸设计法却是在未知领域内设计新产品。外推方法是:找出外推领域与已知领域的关系,分别从时间序列角度和相关性角度分析未知领域对已知领域的继承关系,运用基本理论和技术,对过去的实践进行分析,合理延伸,再结合必要的实验,考虑新环境的因素,即可设计出新产品。

四. 面向顾客的产品设计——质量功能展开

产品是卖给顾客的,质量务必要满足顾客的需要才能被顾客接受。质量功能展开(QFD)是一种面向顾客的产品设计方法,它把顾客的需要转化为生产及使用的技术,它按照顾客需求来应用技术、制定指标、设计产品,这是顾客质量导向的质量功能分解的产品设计方法;顾客需求这种驱动力促使各部门制定相应的措施,协调运作;同时QFD可以在产品的设计阶段就保证了质量,最终以生产质量实现质量目标。

1. 搭建质量屋

质量屋把顾客需求与产品性能有机联系起来,其构成如图2所示。

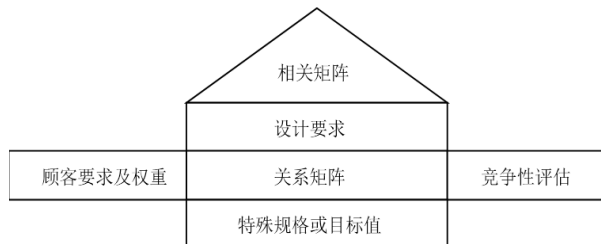


图2 质量屋

质量屋6个组成部分的涵义分别如下。

(1) 顾客要求及权重:代表了顾客的各种不同要求,并根据要求的重要程度不同赋予各个要求不同的权数。它是质量屋的一侧墙和窗。

(2) 设计要求:依据顾客的要求转化为设计上的要求,它代表了实现产品功能的要求。它是质量屋的天花板。

(3) 关系矩阵:是顾客要求与设计要求之间关系的矩阵,反映二者的相互影响力,尤其反映了设计要求对顾客要求的实现贡献力。它是质量屋的室内空间。

(4) 竞争性评估:把本企业产品与竞争者的产品加以比较,进行彼此的优劣势分析。它是质量屋的另一侧墙和窗。

(5) 相关矩阵:反映各质量特性之间的两两相互关系,

可用三角关系图描绘,根据关系强弱的不同使用不同的符号。它是质量屋的屋顶。

(6) 特殊规格或目标:评估设计要求,确定它们的重要度及目标值。它是质量屋的地基。

质量屋的搭建程序如图3所示。

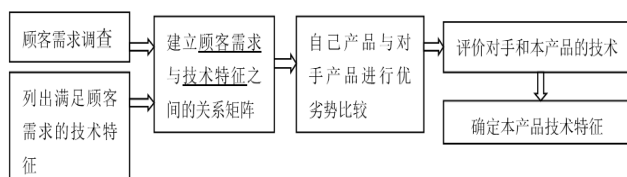


图3 质量屋搭建程序

2. 展开质量功能

顾客的需求必须按照一定的方法,一步一步地分解、展开,逐步配置于产品开发的各个步骤,最终才能设计出满足顾客质量特性要求的产品。此连续过程可先后在4个质量屋内完成,每一个屋内又有2个转化,总共有8个转化,屋内的每一个细箭头表示一个转化如图4所示。

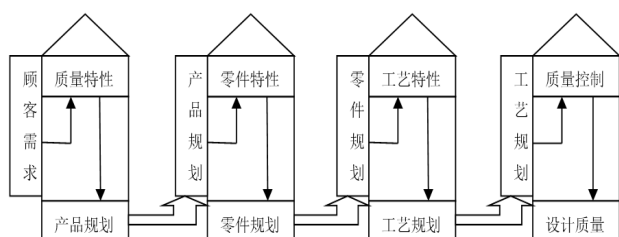


图4 质量功能展开程序

3. 并行开发智能产品

传统的产品开发,按照先后循序,每完成前一步工作再做下一步工作,直至完成所有程序,即所谓串行设计。如此设计既耽误时间又堆积了质量问题,因为下游开发部门的知识不能早期融入设计中,而早期知识的融入有利于减少错误,降低成本,晚期融入代价太高;此外,各部门各自为政,缺乏部门之间的理解、合作、协调,故智能产品常采用并行设计。

并行设计是对产品设计各种相关过程,实施并行、同步、一体化设计,从设计之初便考虑了产品全生命周期里所有因素,对从产品概念形成到产品报废的全过程,对质量、成本、功能和制造加以早期并行设计。

其特点为:一是同时规划产品全生命周期每一阶段。二是设计中各活动交叉并行展开,各种问题在同步工作中被及时沟通和解决。三是不同部门、人员、资源、技术得以集成,效率倍增。四是组织结构扁平化、矩阵化、柔性化、项目化,

建立职能跨部门的产品开发组织。见图5

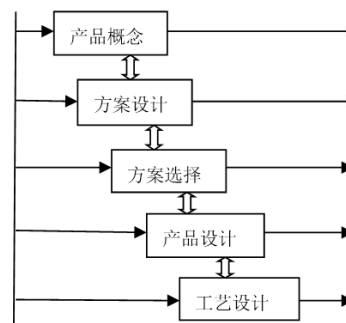


图5 并行工程图示

4. 设计开发指标优异的智能产品

智能产品作为先进代表的产品,其性能指标应该表现出先进性,现分别从产品可靠性、失效平均时间及价值三个指标予以论述。

(1) 产品可靠性

产品可靠性指在特定的环境里,在一定的期限内,产品不出故障地执行特定功能的概率。可靠性高意味着失效数量低,如图6所示。

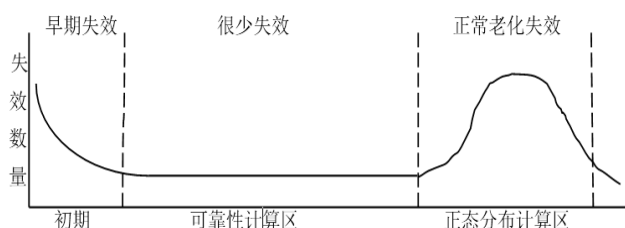


图6 产品失效数量随时间分布

早期失效基本按照指数规律迅速减小;在稳定可靠区,失效很低并维持一段相当长时间,常按照泊松分布;在后期,产品进入老化阶段,以正态分布为主。

智能新产品的的设计任务之一就是要提高产品的可靠性,可采取的措施包括:改进部件,简化系统,实行全面质量管理,实施并行工程,采用先进制造技术,设备管理及预防性维修,生产系统维护。

对由 n 个部件组成的串联系统的可靠性为:

$$R_{串} = R_1 \times R_2 \cdots R_n$$

对由 2 个部件组成的并联系统的可靠性为:

$$R_{并} = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)$$

6.2 失效率 (FR) 和失效平均间隔时间 (MTBF)

失效是指产品无法正常使用的状态,其程度可以用失效率和失效平均间隔时间来衡量。失效率 (FR) 的计算公式为:

$$FR = \frac{\text{失效数}}{\text{测试总数}} \times 100\% \quad (\text{无单位})$$

或者为:

$$FR = \frac{\text{失效数}}{\text{运行时间}} = \frac{\text{失效数}}{\text{总时间} - \text{非运行时间}} \quad (\text{有单位})$$

失效平均间隔时间 (MTBF) 计算公式为:

$$MTBF = \frac{\text{运行时间}}{\text{失效数}} = \frac{\text{总时间} - \text{非运行时间}}{\text{失效数}}$$

可见, MTBF 与 FR 成倒数关系, 表明失效率越高则失效平均间隔时间越短。

由于失效率、产品可靠性是同一事物的两个方面, 所以, 提高产品可靠性的措施也可以用来减少失效率, 对失效平均间隔时间也如此。

3. 产品价值

智能产品往往有高价值, 产品价值是指产品功能与成本的比值, 即:

$$\text{价值 (V)} = \frac{\text{功能 (F)}}{\text{成本 (C)}}$$

或者为:

$$\text{价值} = \frac{\text{顾客要求的必要功能}}{\text{产品寿命周期成本}} = \frac{\text{顾客要求的必要功能}}{\text{研发和生产成本} + \text{消耗、维修、管理等使用成本}}$$

提高价值的方法可用价值工程法, 对产品的功能和成本进行系统分析, 努力用最低的产品寿命周期成本来实现产品的必要功能。其基本原则是尽力提升功能, 减低成本, 以此增加价值。它以功能分析为核心, 侧重于研制阶段。所选择的产品对象应该有这些特点: 结构和工艺复杂, 成本高、产量大、顾客意见多、前景良好、有价值提升空间。

(1) 功能分析。功能分析就是提炼产品的功能, 或者说将产品抽象为功能。其做法为:

第一, 定义功能。给各个功能下简单明了的定义, 复合功能应拆开表达, 表达不与具体实施方法牵连, 功能超脱产品具有一定的抽象性, 最好量化表达。

第二, 功能整理。把价值对象各个部分的功能, 依照逻辑关系组合为有机整体, 形成功能系统图, 确定必要功能, 剔除多余功能, 检查功能的准确度, 修改、补充、删除功能, 明确功能之间的上下位关系或并列关系。

(2) 成本分析。要分别分析功能现实成本和功能最低成本。

功能现实成本是当前的实际成本, 是打算予以降低的成本。必须将各零部件的成本分配给各项功能, 方法为: 首先,

确定每一个零部件对各功能的贡献比例; 然后, 用成本乘以此比例, 把成本分配给各功能; 最后, 把各功能从各零部件分配到的成本加总, 就求得了每一个功能现实成本。

功能最低成本是实现必要功能的最低成本, 是追求的理想成本, 现实成本与最低成本之间的差距, 是力图降低的成本值。

(3) 产品价值评定。功能价值系数是产品价值评定用到的重要概念, 其计算公式为:

$$\text{功能价值系数 (V)} = \frac{\text{功能最低成本 (F)}}{\text{功能现实成本 (C)}}$$

$$\text{或者, 功能价值系数 (V}_i\text{)} = \frac{\text{功能重要程度系数 (F}_i\text{)}}{\text{功能成本系数 (C}_i\text{)}}$$

$$\text{其中, 功能重要程度系数 (F}_i\text{)} = \frac{\text{第 } i \text{ 个零件得分数}}{\text{全部零件得分数之和}}$$

$$\text{功能成本系数 (C}_i\text{)} = \frac{\text{第 } i \text{ 个零件的现实成本}}{\text{全部零件的现实成本之和}}$$

① 功能价值系数分析。

当 $V_i < 1$, 说明该功能分得了过多的成本, 应作为成本改进对象。

当 $V_i = 1$, 说明该功能与成本匹配, 不作为成本改进对象。

当 $V_i > 1$, 说明以较小的成本获得了较高的功能, 情况理想。

② 产品价值进行评定。

产品价值进行评定建立在功能定义及功能整理基础上, 它必须求出功能价值系数, 确定功能大小和重要程度, 选择功能与成本不匹配的产品作为价值工程对象, 求得功能最低成本, 降低功能现实成本向最低成本看齐。