



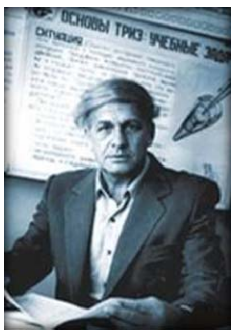
## 技术系统的进化法则

### ——TRIZ九大经典理论体系之一

#### 三大进化理论

说起进化，人们自然会联想到达尔文，因为达尔文的生物进化论一举终结了长期统治人们思想的神创论。其实，在达尔文的生物进化论之外，还存在着另外两个进化论，一个是社会学界斯宾塞的社会达尔文主义，另一个是技术领域的技术系统进化论。因为社会达尔文主义所极力倡导的是自由放任的资本主义社会制度，所以一直到近些年来，在国内才可以了解到有关社会达尔文主义的相关信息。而技术系统进化论属于TRIZ理论，TRIZ发源于20世纪中期的苏联，属于苏联的国家秘密而不被世人所知，直到20世纪90年代初，苏联解体后，TRIZ才开始传播到欧美等发达国家。而我国对TRIZ的研究和应用才刚刚起步，所以人们对技术系统的进化论还是相当陌生。

#### 阿奇舒勒的技术系统进化论



阿奇舒勒于1946年开始创立TRIZ理论，其中重要的理论之一是技术系统进化论。阿奇舒勒技术系统进化论的主要观点是技术系统的进化并非随机的，而是遵循着一定的客观的进化模式，所有的系统都是向“最终理想化”进化的，系统进化的模式可以在过去的专利发明中发现，并可以应用于新系统的开发，从而避免盲目的尝试和浪费时间。

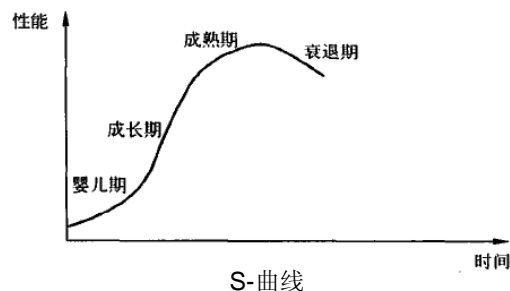
#### 技术系统的八大进化法则

阿奇舒勒的技术系统进化论主要有八大进化法则，这些法则可以用来解决难题，预测技术系统，产生并加强创造性问题的解决工具。这八大法则是：

- 1) 技术系统的S曲线进化法则；
- 2) 提高理想度法则；
- 3) 子系统的不均衡进化法则；
- 4) 动态性和可控性进化法则；
- 5) 增加集成度再进行简化的法则；
- 6) 子系统协调性进化法则；
- 7) 向微观级和增加场应用的进化法则；
- 8) 减少人工介入的进化法则。

#### 1. 技术系统的S曲线进化法则

阿奇舒勒通过对大量的发明专利的分析，发现产品的进化规律满足一条S形的曲线。产品的进化过程是依靠设计者来推进的，如果没有引入新的技术，它将停留在当前的技术水平上，而新技术的引入将推动产品的进化。S曲线也可以认为是一条产品技术成熟度预测曲线。如图是一条典型的S曲线。S曲线描述了一个技术系统的完整生命周期，图中的横轴代表时间；纵轴代表技术系统的某个重要的性能参数，比如飞机这个技术系统，飞行速度、可靠性就是其重要性能参数，性能参数随时间的延续呈现S形曲线。一个技术系统的进化一般经历4个阶段，分别是：婴儿期、成长期、成熟期和衰退期。



#### 2. 提高理想度法则

技术系统的理想度法则包括以下几方面含义：

- 1) 一个系统在实现功能的同时，必然有两方面的作用：有用功能和有害功能；
- 2) 理想度是指有用作用和有害作用的比值；
- 3) 系统改进的一般方向是最大化理想度比值；
- 4) 在建立和选择发明解法的同时，需要努力提升理想度水平。

也就是说，任何技术系统，在其生命周期之中，是沿着提高其理想度向最理想系统的方向进化的，提高理想度法则代表着所有技术系统进化法则的最终方向。理想化是推动系统进化的主要动力。比如手机的进化、计算机的进化。提供理想度可以从以下4个方向予以考虑：

- 1) 增加系统的功能；
- 2) 传输尽可能多的功能到工作元件上；
- 3) 将一些系统功能转移到超系统或外部环境中；
- 4) 利用内部或外部已存在的可利用资源。

#### 3. 子系统的不均衡进化法则

技术系统由多个实现各自功能的子系统（元件）组成，每个子系统及子系统间的进化都存在着不均衡。

- 1) 每个子系统都是沿着自己的S曲线进化的；
- 2) 不同的子系统将依据自己的时间进度进化；
- 3) 不同的子系统在不同的时间点到达自己的极限，

这将导致子系统间矛盾的出现；



4) 系统中最先到达其极限的子系统将抑制整个系统的进化，系统的进化水平取决于此子系统；

5) 需要考虑系统的持续改进来消除矛盾。

掌握了子系统的不均衡进化法则，可以帮助我们及时发现并改进系统中最不理想的子系统，从而提升整个系统的进化阶段。通常设计人员容易犯的错误是花费精力专注于系统中已经比较理想的重要子系统，而忽略了“木桶效应”中的短板，结果导致系统的发展缓慢。比如，飞机设计中，曾经出现过单方面专注于飞机发动机，而轻视了空气动力学的制约影响，导致飞机整体性能提升比较缓慢。

#### 4. 动态性和可控性进化法则

动态性和可控性进化法则是指：1) 增加系统的动态性，以更大的柔性和可移动性来获得功能的实现；2) 增加系统的动态性要求增加可控性。

增加系统的动态性和可控性的路径很多，下面从4个方面进行陈述：

1) 向移动性增强的方向转化的路径。本路径技术进化过程：固定的系统→可移动的系统→随意移动的系统。比如电话的进化：固定电话→子母机→手机。

2) 增加自由度的路径：元动态的系统→结构上的系统可变性→微观级别的系统可变性。比如，手机的进化：直板机→翻盖机；门锁的进化：挂锁→链条锁→密码锁→指纹锁。

3) 增加可控性的路径：无控制的系统→直接控制→间接控制→反馈控制→自我调节控制的系统。比如城市街灯：专人开关→定时控制→感光控制→光度分级调节控制。

4) 改变稳定度的路径：静态固定的系统→有多个固定状态的系统→动态固定系统→多变系统。

#### 5. 增加集成度再进行简化法则

技术系统趋向于首先向集成度增加的方向，紧接着再进行简化。比如先集成系统功能的数量和质量，然后用更简单的系统提供相同或更好的性能来进行替代。

##### 一、增加集成度的路径

本路径的技术进化阶段：创建功能中心→附加或辅助子系统加入→通过分割、向超系统转化或向复杂系统的转化来加强易于分解的程度。

##### 二、简化路径

1) 通过选择实现辅助功能的最简单途径来进行初级简化；

2) 通过组合实现相同或相近功能的元件来进行部分简化；

3) 通过应用自然现象或“智能”物替代专用设备来进行整体的简化。

#### 6. 子系统协调性进化法则

在技术系统的进化中，子系统的匹配和不匹配交替出现，以改善性能或补偿不理想作用。也就是说技术系统的进化是向着各个子系统相互之间更协调的方向发展。即系统各个部件在保持协调的前提下，充分发挥各自的功能。

1) 匹配和不匹配元件的路径：不匹配元件的系统→匹配元件的系统→失谐元件的系统→动态匹配/失谐系统；

2) 调节的匹配和不匹配的路径：最小匹配/不匹配的系统→强制匹配/不匹配的系统→缓冲匹配/不匹配的系统→自匹配/自不匹配的系统；

3) 工具与工件匹配的路径：点作用→线作用→面作用→体作用。

#### 7. 向微观级和场的应用进化法则

技术系统趋向于从宏观系统向微观系统转化，在转化中，使用不同的能量场来获得更佳的性能或控制性。主要有以下几条路径：

1) 向微观级转化的路径；

2) 转化到高效场的路径；

3) 增加场效率的路径；

4) 分割的路径。

#### 8. 减少人工介入的进化法则

系统的发展用来实现那些枯燥的功能，以解放人们去完成更具有智力性的工作。

1) 减少人工介入的一般路径：包含人工动作的系统→替代人工但仍保留人工动作的方法→用机器动作完全代替人工。

2) 在同一水平上减少人工介入的路径：包含人工作用的系统→用执行机构替代人工→用能量传输机构替代人工→用能量源替代人工。

3) 不同水平间减少人工介入的路径：包含人工作用的系统→用执行机构替代人工→在控制水平上替代人工→在决策水平上替代人工。

## 技术系统进化法则的应用

技术系统的八大进化法则是TRIZ中解决发明问题的重要指导原则，掌握好进化法则，可有效提高问题解决的效率。同时进化法则可以应用到其他很多方面，如产生市场需求、定性技术预测、产生新技术、专利布局、选择企业战略制定的时机等。

#### 1. 产生市场需求

产品需求的传统获得方法一般是市场调查，调查人员基本聚焦于现有产品和用户的需求，缺乏对产品未来趋势的有效把握，所以问卷的设计和调查对象的确定在范围上非常有限，导致市场调查所获取的结果往往比较主观、不完善。调查分析获得的结论对新产品市场定位的参考意义不足，甚至出现错误的导向。TRIZ的技术系统进化法则是通过对大量的专利研究得出的，具有客观性和跨行业领域的普适性。技术系统进化法则可以帮助市场调查人员和设计人员从进化趋势确定产品的进化路径，引导用户提出基于未来的需求，实现市场需求的创新。从而立足于未来，抢占领先地位，成为行业的引领者。



## 2. 产生新技术

产品进化过程中，虽然产品的基本功能基本维持不变或有增加，但其他的功能需求和实现形式一直处于持续的进化和变化中，尤其是一些令顾客喜悦的功能变化得非常快。因此，按照进化理论可以对当前产品进行分析，以找出更合理的功能实现结构，帮助设计人员完成对系统或子系统基于进化的设计。

## 3. 专利布局

技术系统的进化法则，可以有效确定未来的技术系统走势，对于当前还没有市场需求的技术，可以事先进行有效的专利布局，以保证企业未来的长久发展空间和专利发放所带来的可观收益。当前的社会，有很多企业正是依靠有效的专利布局来获得高附加值的收益。在通讯行业，高通公司的高速成长正是基于预先的大量的专利布局，在CDMA技术上的专利几乎形成全世界范围内的垄断。

## 4. 选择企业战略制定的时机

八大进化法则，尤其是S曲线对选择一个企业发展战略制定的时机具有积极的指导意义。一个企业也是一个技术系统，一个成功的企业战略能够将企业带入一个快速发展的时期，完成一次S曲线的完整发展过程。但是当这个战略进入成熟期以后，将面临后续的衰退期，所以企业面临的是下一个战略的制定。很多企业无法跨越20年的持续发展，正是由于在一个S曲线的4个阶段的完整进化中，企业没有及时进行有效的下一个企业发展战略的制定，没有完成S曲线的顺利交替，以致被淘汰出局，退出历史舞台。

# 最佳理想解

## ——TRIZ九大经典理论体系之二

为了避免试错法、头脑风暴法等传统创新方法中思维过于发散、创新效率低下的缺陷，TRIZ理论在解决问题之初，首先抛开各种客观限制条件，通过理想化来定义问题的最终理想解（ideal final result, IFR），以明确理想解所在的方向和位置，保证在问题解决过程中沿着此目标前进并获得最终理想解，从而避免了传统创新涉及方法中缺乏目标的弊端，提升了创新设计的效率。如果将创造性解决问题的方法比作通向胜利的桥梁，那么最终理想解（IFR）就是这座桥梁的桥墩。最终理想解（IFR）有四个特点：

- 1) 保持了原系统的优点；
- 2) 消除了原系统的不足；
- 3) 没有使系统变得更复杂；
- 4) 没有引入新的缺陷等。

## 理想化最终解的定义

理想化是TRIZ众多基本概念之一，它使得TRIZ这个方法论变得更吸引人和更有效果。理想化是驱动人类对任何科技系统去进行改良的本质要素，使得任何科技系统能够更快速、更好和成本更低。为了要提高有用机能或消除有害机能使系统更接近理想化。在TRIZ中通常将所谓的理想化表达成如下公式：

$$\text{理想化} = \frac{\text{各种有用的机能}}{\text{各种有害的机能} + \text{成本}}$$

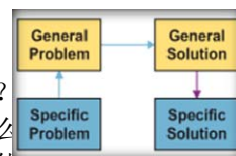
TRIZ的基本原则之一是相信各系统的进化会朝向增加其理想化的方向迈进，而这种进化的方向（由上述公式可以看出）是：

- 1) 增加各种利益（公式中分子部分有用机能的提升）
  - 2) 降低各种成本（公式中分母部分成本的降低）
  - 3) 降低各种危害（公式中分母部分有害技能的降低）
- 这种进化最后的结果就是理想最终结果（IFR）。

## 最终理想解的确定

最终理想解的确定是解决问题的关键所在，很多问题的IFR被正确理解并描述出来，问题就直接得到了解决。设计者的惯性思维常常让自己陷于问题中不能自拔，解决问题多采用折中法，结果就使问题时隐时现让设计者叫苦不迭。而IFR可以帮助设计者跳出传统设计的怪圈，以IFR这一新角度去重新认识定义问题，得到与传统设计完全不同的问题根本解决思路。最终理想解确定的步骤：

1. 设计的目的是什么？
2. 理想解是什么？
3. 达到理想解的障碍是什么？
4. 出现这种障碍的结果是什么？
5. 不出现这种障碍的结果是什么？

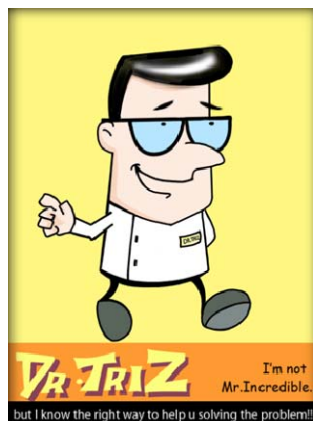


## 最终理想解示例

### ——农场养兔子的难题

农场主有一大片农场，放养了大量的兔子，兔子需要吃到新鲜的青草，而农场主不想兔子走太远而照看不到，也不愿意花费大量的资源割草运回来喂兔子，于是矛盾产生了。

应用上面的步骤，分析并提出最终理想解：



1. 设计的目的是什么？——兔子能随时吃到青草。
2. 理想解是什么？——兔子永远自己吃到青草。
3. 达到理想解的障碍是什么？——为防止兔子走的太远而照看不到，农场主用笼子圈养兔子，这样放兔子的笼子不能移动。
4. 出现这种障碍的结果是什么？——由于笼子

不能移动，而笼子下面的空间有限，所以兔子不能自己持续的吃到青草。

5. 不出现这种障碍的结果是什么？——当兔子吃光笼子下面的草时，笼子移动到另一块有草的地方，可用资源是兔子。

### 解决方案：

给笼子装上轮子，兔子自己推着轮子去寻找青草。

# 未来的键盘应该什么样？

——TRIZ理论中的技术进化原理

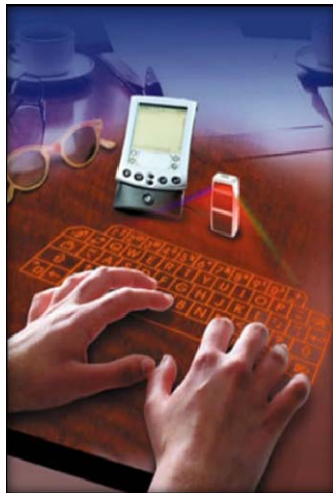
作为计算机外围设备的重要组成部分之一，键盘已经是随处可见。目前常见的键盘是一个刚性整体，体积也比较大，不方便携带。也许我们还见到过被分成两到三部分的键盘，以增加其使用舒适性。其实在美国海军陆战队还配备一种可以折叠的键盘，便于行军中携带。现实生活中我们用到的一些PDA，则将键盘输入功能设置在其柔性的外包装套上，展开后就成了一个比较大的键盘。而现在液晶触摸屏也可以作为输入设备代替键盘。近年来，在许多信息技术展览会上出现的虚拟激光键盘吸引了人们的眼球。它是通过将全尺寸键盘的影像投影到桌子平面上，用户在上面就可以像使用物理键盘一样实现输入。

上面提到的几种输入设备基本上代表了过去几十年来键盘的主要发展历程。简单分析一下，可以发现键盘的演变脉络，即从一体化的刚性键盘到折叠式键盘，到柔性的键盘，到液晶键盘，再到激光键盘。如果我们将键盘核心技术的这种演变过程抽象出来，会发现它是按照从刚性，到铰链式，到完全柔性，到气体、液体，一直到场的发展路线。其实我们还会发现，不仅键盘，很多产品的发展也是沿着这条路线不断进化。比如轴承，它从开始的单排球轴承，到多排球轴承，到微球轴承，到气体、液体支撑轴承，到磁悬浮轴承。又如切割技术，从原始的锯条，到砂轮片，到高压水射流，到激光切割等。它们在本质上基本都是沿着和键盘同样的演变路线不断发展。



不同的产品却拥有类似的演变路线，这是一种巧合，还是客观的必然？半个世纪前，前苏联著名发明家阿奇舒勒在对大量前人专利分析的基础上发现，产品及其技术的发展总是遵循一定的客观规律，而且同一条规律往往在不同产品领域被反复应用。在此基础上，他和他的合作伙伴不断总结提炼，逐渐形成了著名的技术系统进化法则，构成了他提出的著名的发明问题解决理论的核心内容之一。

TRIZ理论中包含的进化法则主要有技术系统的S曲线进化法则、提高理想度法则、子系统的不均衡进化法则、动态性和可控性进化法则、增加集成度再进行简化法则、子系统协调性进化法则、向微观级和场的应用进化法则、减少人工介入的进化法则等。这些技术系统进化法则基本涵盖了各种产品核心技术的进化规律，每条法则又包含不同数目的具体进化路线和模式，上面提到的键盘的进化路线就是其中一个。



显然，一旦掌握了这些规律，我们就可以在此基础上，确认目前产品所处的发展状态，发现产品存在的缺陷和问题，并预测其未来发展趋势，开发新一代产品，制定产品开发战略和规划。这就是我们常说的技术预测，它使产品开发具有可预见性，对于提高产品创新的成功率，缩短发明周期，都具有重要意义。

通过分析当前产品的核心技术在技术进化过程中的阶段

可能的进化方向和可能进化的模式，可以预测未来产品的技术发展前景和水平。作为企业来说，掌握了技术预测，可以做到销售一代，生产一代，研发一代，同时预测一代新产品。

技术预测包含一个重要内容，那就是产品进化曲线——S曲线，用于表示产品从诞生到退出市场这样一个生命周期的基本发展过程。在TRIZ理论中将进化曲线分为四个阶段，即婴儿期，成长期，成熟期和衰退期。婴儿期和成长期一般代表该产品处于原理实现、性能优化和商品化开发阶段，到了成熟期和衰退期，则说明该产品技术发展已经比较成熟，盈利逐渐达到最高并开始下降，需要开发新的替代产品。随着产品的不断更新换代，形成了该类产品的进化曲线族。对此，TRIZ理论提供了一种识别和确认产品所处状态的技术，即首先总结出特定时间内与产品相关的专利数量、专利级别、市场利润和产品性能的基本变化规律，那么通过对当前产品的相关参数变化情况，我们就可以确定该产品处于生命周期的哪个阶段，为制定产品开发策略提供参考。

也许这个时候我们会问，按照键盘发展进化规律，未来的键盘又会是什么样呢？靠语音，靠视线？还是干脆就不存在，让我们的大脑和计算机直接相通，用我们的意识直接给计算机输入信号，而无须媒介？这需要我们根据技术的发展进一步研究和预测。

