

学习应用创新方法 提升企业产品创新能力

檀润华

国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心 主任

河北工业大学

内容

一、企业产品创新面临的挑战：**工程冲突**

二、工程冲突解决方法：**技术创新方法—TRIZ/C-TRIZ**

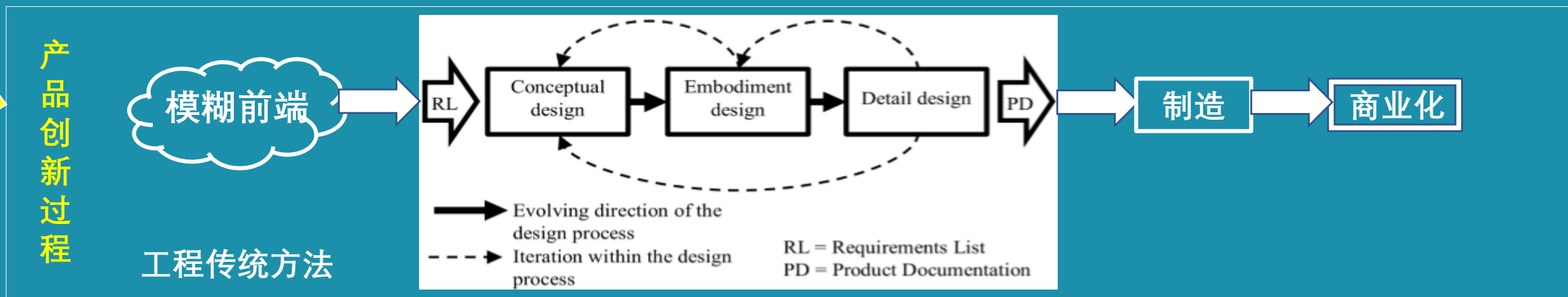
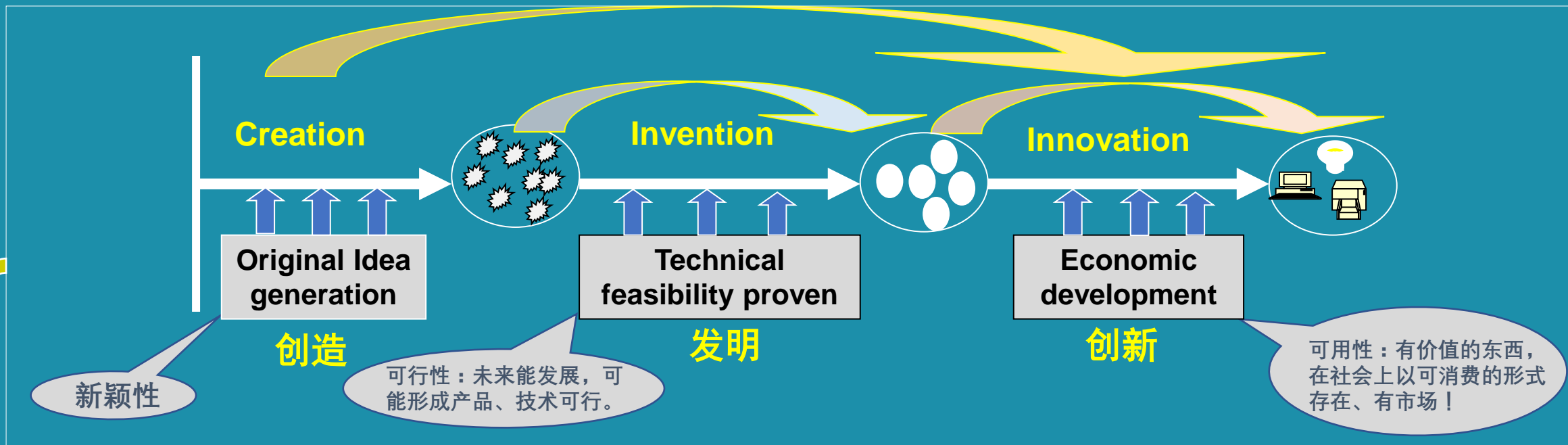
三、技术创新方法转移模式：**如何在中国的企业落地**

四、小结

工程技术研究中心简介：以TRIZ/C-TRIZ研究与在企业推广应用为使命

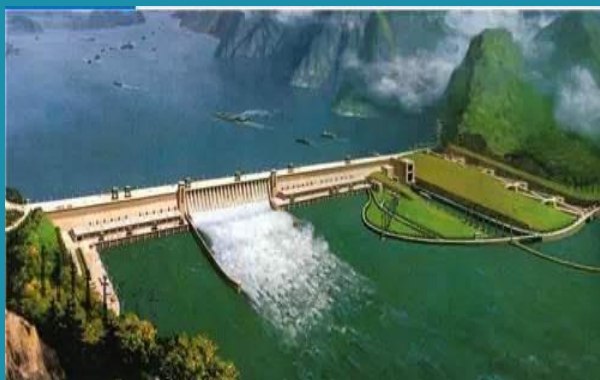


创造、发明、创新之间的关系：Innovation = Invention + Exploitation

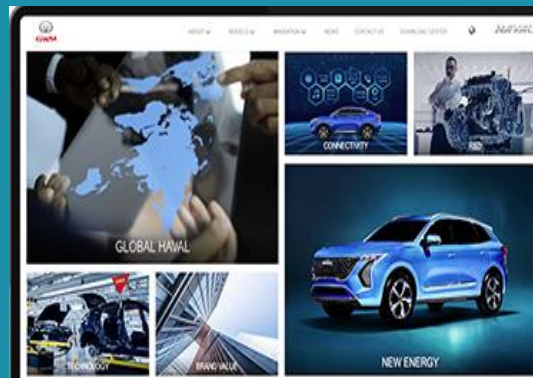


一、企业产品创新面临的挑战 —— 发现与解决工程冲突

松散组合型项目——工程



紧密组合型项目——产品



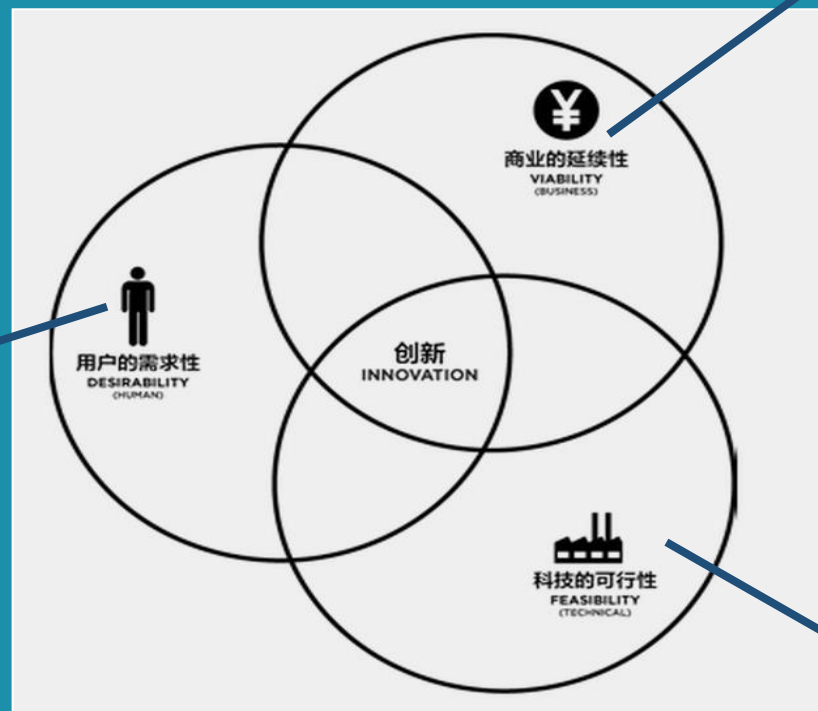
长城汽车



格力电饭煲

成功的产品创新是突破“需求-技术可行性-商业的延续性”已有平衡的结果

好的产品不仅要满足需求，同时要技术可行及使商业可延续。



新兴的需求：

(Emerging Desirability to People)

- 谁是目标客户，数量有多少？
- 他们需求是什么？直接用户的需要是什么？
- 这些需求与需要随时间如何变化？

新兴的业务生存能力：

(Emerging Viability of Business)

- 我们正在面对或即将面对的竞争是什么？
- 我们能够有足够的销售量以获得利润吗？
- 什么样的商业模式是合适的（我们必须推动此模型的实现）？

新兴的技术能力：

(Emerging Capabilities in Technology)

- 我们具有需要的即适当的能力吗？
- 假如没有，我们能够通过内部实现、租用或从合作伙伴处获得这些技术能力吗？
- 对于该项，如何使新的技术能力建构在目前的系统之上或成为更广泛平台的一部分？

案例1：既能发电又能养鱼，南京最大渔光互补光伏电站建成投运

2018年07月02日 17:39:26 | 荔枝网

- 南京六合的龙袍街道建成了一座“渔光一体”光伏电站，把水产养殖和太阳能发电合二为一，不仅让生态养殖效益倍增，还可以为南京市民输送清洁的光伏能源。
- **年产清洁能源7千多万千瓦时 节约燃煤3万多吨：**渔光一体光伏电站占地大约2000多亩，池塘内分布着16万多块光伏组件，它们一年内产生的电量，可以提供南京地区3到4万户居民使用。

工程建设中的难题：工程冲突

太阳能电池版所覆盖的面积应尽可能的大，以保证尽可能高的发电量；但又不能太大，以保证水体得到足够的阳光照射，使水下植物产生合适的光合作用。



案例2：美国悍马 开发中的冲突

悍马越野车开发中的冲突

- **背景**：二十世纪70年代末期，美国陆军根据越战经验，开始研发新一代的轻型多用途军车。
- **需求**：合高机动性、多用途和有轮等，简称HMMWV，用以取代多款吉普车和各式四驱皮卡，让统一制式的轻型军车实现更简便的模块化维修和保养，以提高机动能力。
- **冲突**：该车的机动性与可防护性之间所构成的冲突。



2019中国创新方法大赛 案例 (长沙, 2019: 11.18-24)



贵州赛区

解决特高坝大库工程深层放空技术世界难题 中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司

1 问题背景:

水库是维系国民经济发展的基础设施,我国高坝工程建设技术世界第一。水库放空技术是全球高坝大库例行检修、重大灾难应急抢险、战时紧急快速放空的最直接有效措施。高坝大库工程受金属结构限制无法深层、大泄量、全时段、快速放空,剩余库容、剩余库水位越大,其事故灾害对下游梯级电站及流域内人民生命财产安全风险越大,该问题已成为全球水电行业重点关注的关键技术难题。

4 解决方案与成果

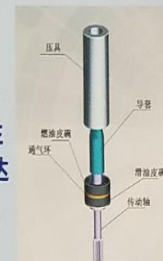
解决方案
根据最理想要求,对得出的31个创新方案进行分析研究,选择方案28和29的结合成功解决了问题。
方案28:基于“水压差原理”通过多级闸门“分级挡水+分担总水头”的方法,可以在闸门面积大小不变的条件下,增加闸门分级,使更深处的闸门承受水推力满足目前金属结构制造水平。
方案29:组合成深层放空系统,流道逐层接力放空,最终实现了更深度、大泄量、快速、全时段放空的可能。

降低某型飞机发动机主燃油泵余油管漏油超标故障率

中国人民解放军第五七一三工厂

1- 问题背景

工厂到相关用户部队进行质量走访时,多个部队反映主燃油泵余油管漏油量超标故障频发。车间全年安排两个人到外场排故,严重影响了车间生产力。通过对产品进行故障统计,发生余油管漏油超标故障28起,故障率达到22.95%。根据前期的故障分析,考虑到超系统问题的影响,目标值设定为:将余油管漏油超标率由22.95%降低至6%。

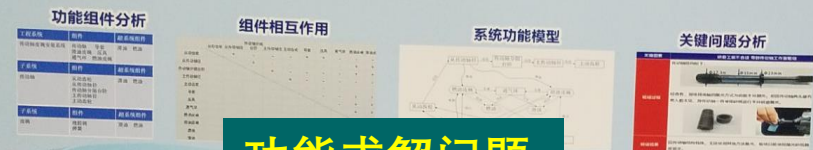


通过功能分析确定了主要难题是2个物理冲突

通过功能分析确定了主要难题是2个物理冲突

(1) 应用“科学效应知识库”得到9个创新方案。
(2) 应用“流分析”以有害流-闸前水头为突破口,根据“18个措施”得到5个创新方案。
(3) 基于系统内、外部资源及6类“资源分析”得到4个创新方案。
(4) 根据“功能模型分析”找到两个主要“物理矛盾”:闸前水头深浅和闸门面积大小,通过“分离原理”得到2个创新方案,通过“改进问题物-场模型”应用“76个标准解”得到5个创新方案。
(5) 通过“因果分析法”找到三对“技术矛盾”,依据“40个发明原理”得到6个创新方案。

2- 问题分析



功能求解问题

3- 问题探究



技术冲突问题

物理冲突问题

裁剪方案(方案七)



2019中国创新方法大赛 格力案例



2019 中国创新方法大赛

China Innovation Methods Competition
广东赛区

减少伺服电机的温升

珠海格力电器股份有限公司

一、项目背景

国产伺服系统在市场上所占的比重较低,在技术与性能上与国外品牌有较大的差距,主要体现在使用寿命短、功率密度低和运行精度低三点,从而导致用户体验差,只能选择国外品牌。

二、问题分析

通过技术改进,提高了运行精度,但在提高功率密度的时候,导致温升增加,提高了10K以上,导致编码器的寿命变短,稳定性变差,可靠性降低。

三、问题探究

解决问题关键:一是降低编码器位置和电机定子、制动器绕组的温升,阻隔定子绕组和制动器绕组向编码器散热;二是提高伺服电机的功率密度,确保电机长度、重量不增加。因此采用流分析、因果链分析等分析温升的原因,重新分配传热流向,通过裁剪法、物场模型、矛盾问题等求解。

四、解决方案及成果

最终通过后轴承前移、反向放置制动器、制动器绕组的温升下降了27%,解决使用寿命短的问题;通过改进编码器散热结构进一步提升了功率密度;利用创新方法解决温升共申请了12件专利进行布局,加上电机定子及驱动控制方法类的专利输出,该电机已申请国家发明专利65项(国际专利2项),截至目前授权发明专利5项,产品包含40~180mm口径伺服电机,所覆盖功率范围0.1kW~7.5kW,并已批量应用于工业机器人中,年产值从0升高到1亿元。该产品的创新技术通过由院士领衔的专家组鉴定为国际领先水平,并荣获2018年德国纽伦堡国际发明展金奖!!

解决冲突问题

除湿机创新设计

珠海格力电器股份有限公司

一、项目背景

为提升出口除湿机市场占有率,开发具备核心竞争力的新一代产品。

二、问题分析

通过 QFD 确认用户需求为更低噪音、高端显示效果、安全节能,结合 S 曲线成长期阶段产品的开发策略,根据专利分析、对标分析的结果确认项目目标及改进方向,利用因果链、功能裁剪、流分析确认具体技术突破点。

三、问题探究

针对问题点,通过 ARIZ 求解矛盾问题,得到最小改进的技术方案,通过裁剪分析、流分析、小人法、精益设计成本地图的应用,对不同问题分别求解,最终通过多维度评价得到可验证方案。

四、解决方案及成果

方案

首创全合成闭口静音风道系统

抑制高通过热的排湿控制技术

模拟触感与魔术透显结合的人机界面

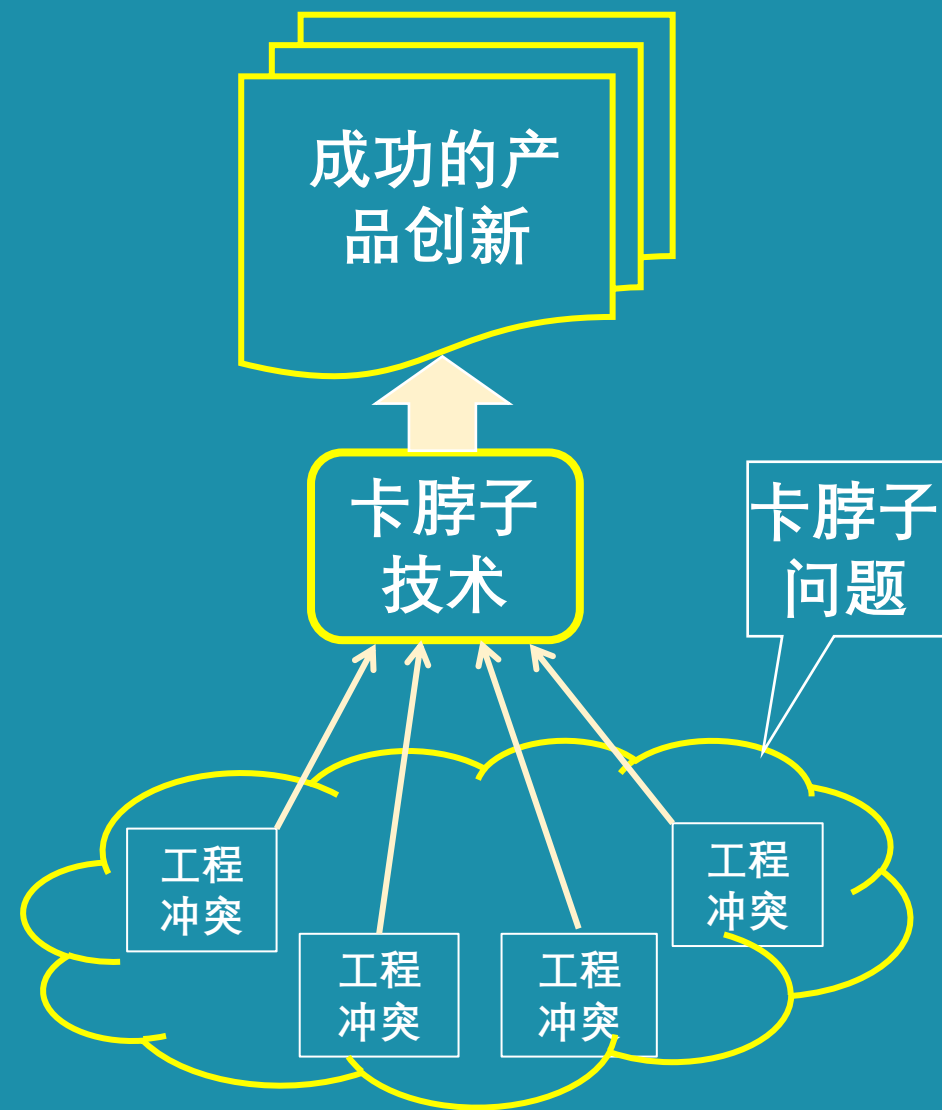
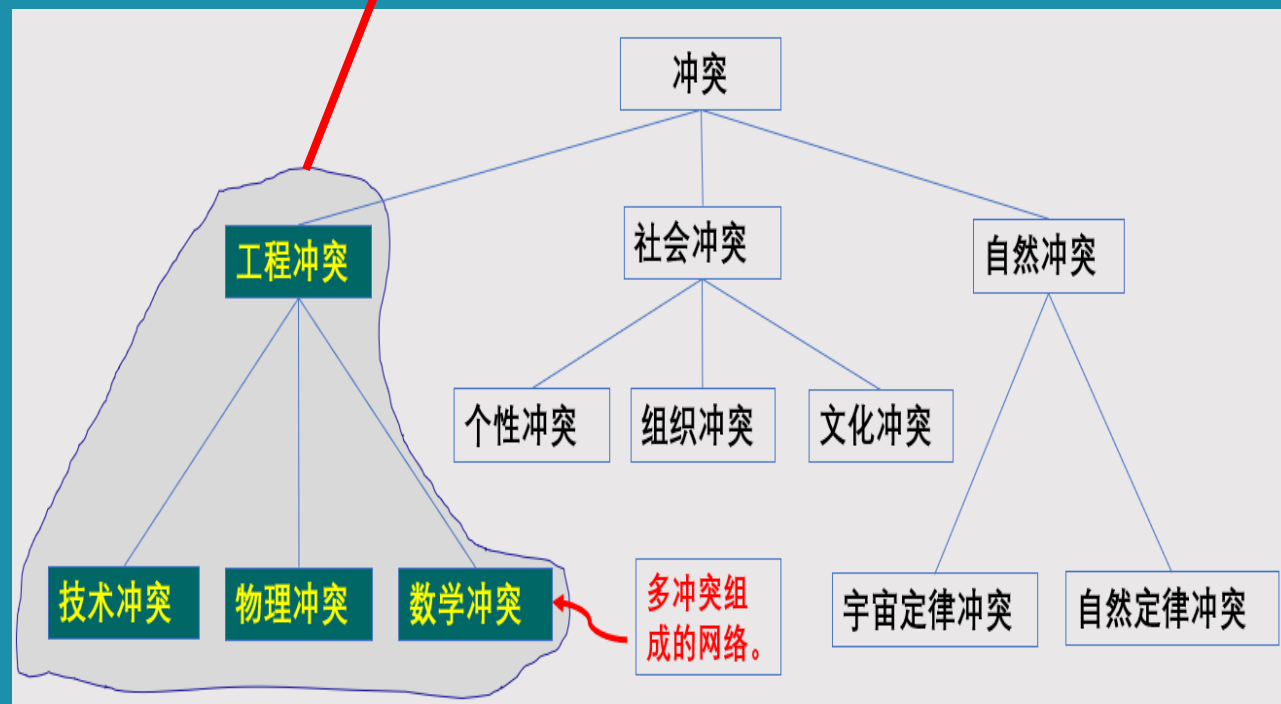
成果

1. 标杆产品噪音低4分贝,实验工况下功率降低10W,降低成本3000万/年,提效26%;
2. 产生方案34个,发明专利布局24项,其中国际发明1项;
3. 市场占有率提升11%,年产值10亿元;
4. 建立公司级标准,并成功推广,指导其他产品提效20%左右。

五、联系方式

珠海格力电器股份有限公司
地址:广东省珠海市香洲区前山金鸡西路789号

主要观点：工程冲突的确认和解决成为工程与产品创新成功的一类重大需求

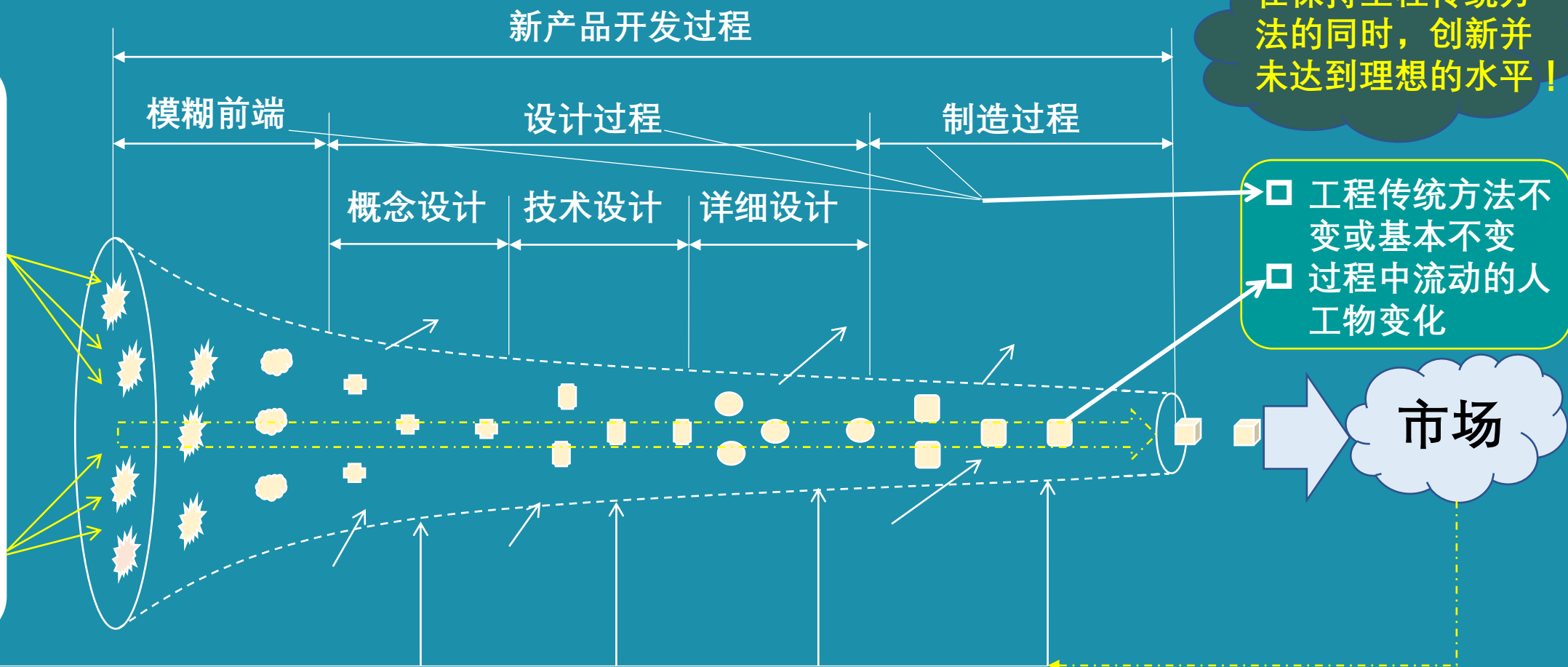


企业新产品开发过程模型：工程传统方法

企业内外部变化

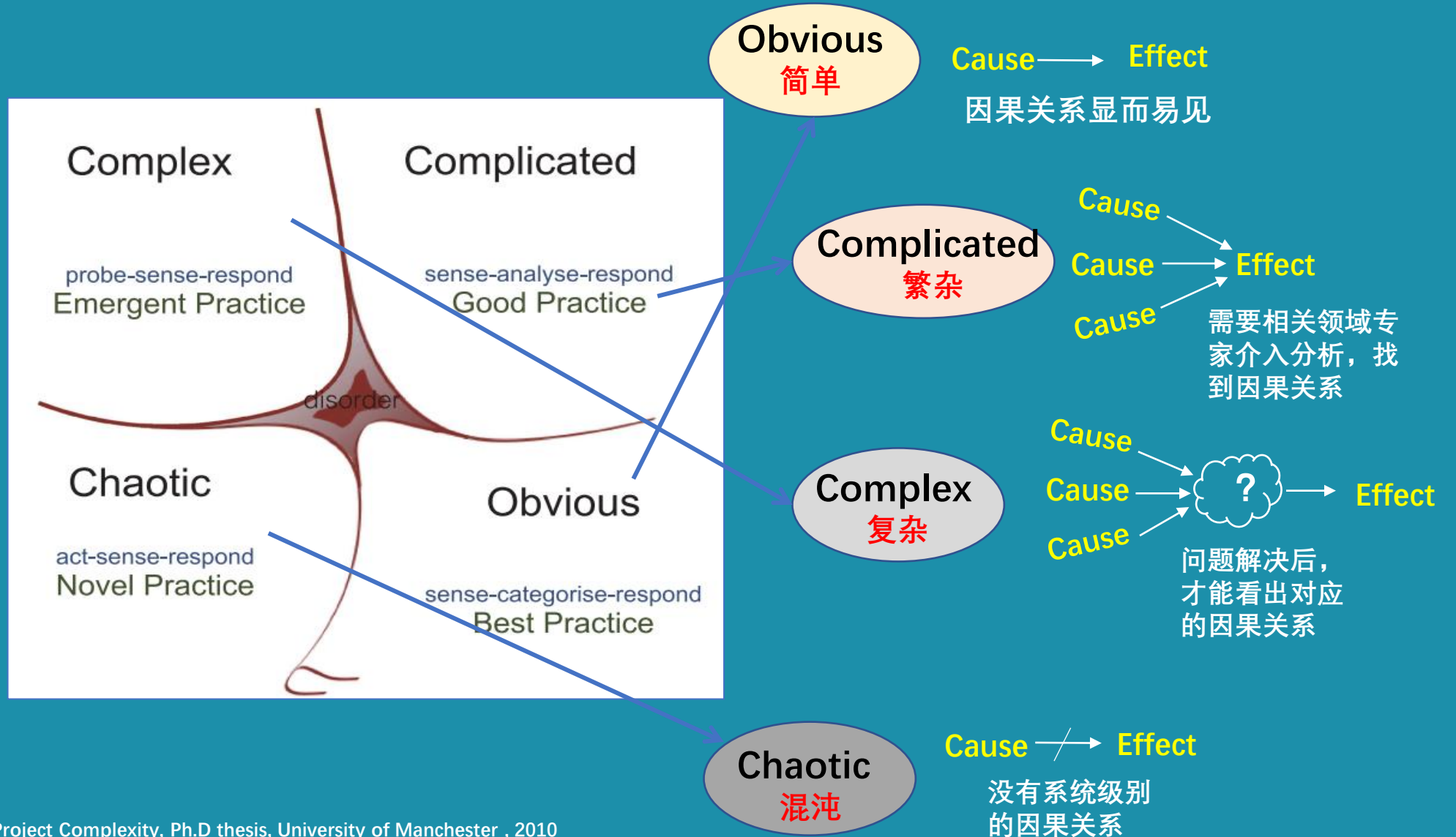
- 未达到工作的预期目标
- 未预测到的失败
- 未预测到的外部事件
- 过程瑕疵
- 市场变化

- 高增长区域出现
- 新技术出现
- 人口增长变化
- 审美观变化
- 新知识出现



工程传统与工程创新 …… 遗传与变异：方法本身如何变异？

Cynefin 框架最早是在 1999 年威尔士学者 Dave Snowden 在知识管理和组织战略中提出的。Cynefin 是威尔士语，意为“栖息地”或“住所”，指人们对生活环境的共同文化、宗教、地理和部落的总体经验和感受。这个框架用于描述问题、环境与系统，说明什么环境适合使用什么解决方案。



结构不良问题或发明问题的发现与解决成为创新过程的关键

工程冲突是最重要的一类发明问题

结构良好与不良问题

结构良好问题(well-structured problems)：

- * 问题的初始状态、目标状态、解的路径或操作、一套约束的逻辑状态和约束参数等基于给定的信息都是已知的；
- * 它要求应用有限的概念、规则、解决方案和原理。

结构不良问题(ill-structured problems)：

- 问题的描述是含糊的；
- 解决问题涉及目标的定义是含糊的；
- 用于决策的信息是不完整、不准确或未明确的；
- 在此类问题中，其概念、规则、解决问题所需的原理都是不确定的，或者存不一致性；

通常与发明问题

- **通常问题**：其解已存在。可以从教科书、技术杂志、手册或从领域专家获得问题的解。
- **发明问题**：解不存在。该类问题一般含有相互矛盾的需求，或存在“冲突”。

发明问题：包含一个或多个冲突的问题，不能给出获得解的路径或方法。

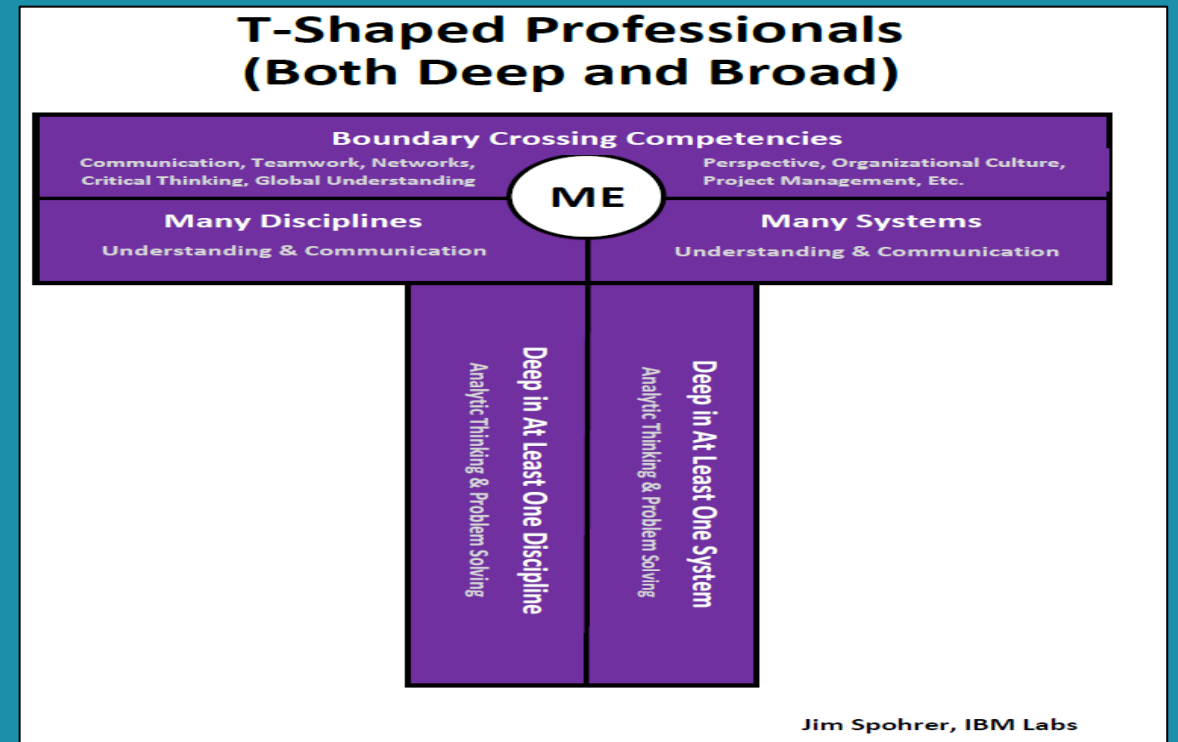
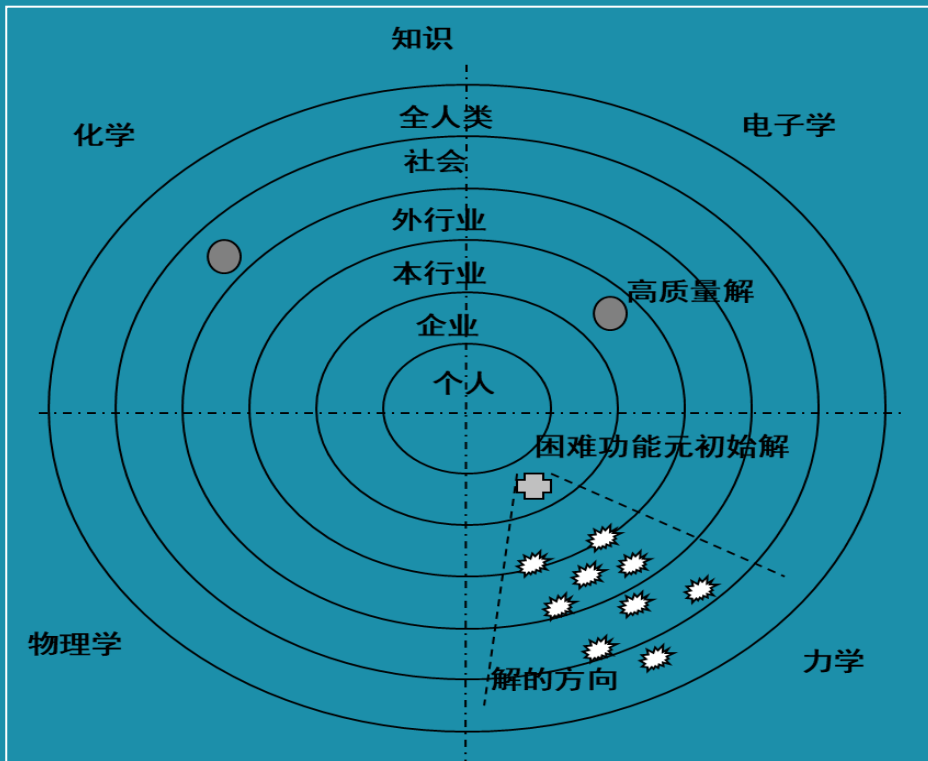
- “创新”：是指解决发明问题。
- “创新”的特点：是在解决问题的过程至少要克服“冲突”。

工程师解决“发明问题”的障碍：心理惯性、跨界能力、方法运用

心理惯性：运用传统思考模式解决问题，甚至排斥新的想法。心理惯性对于解决重复性的问题很有帮助，但是对于处理非常态性的发明问题，反而形成阻力。

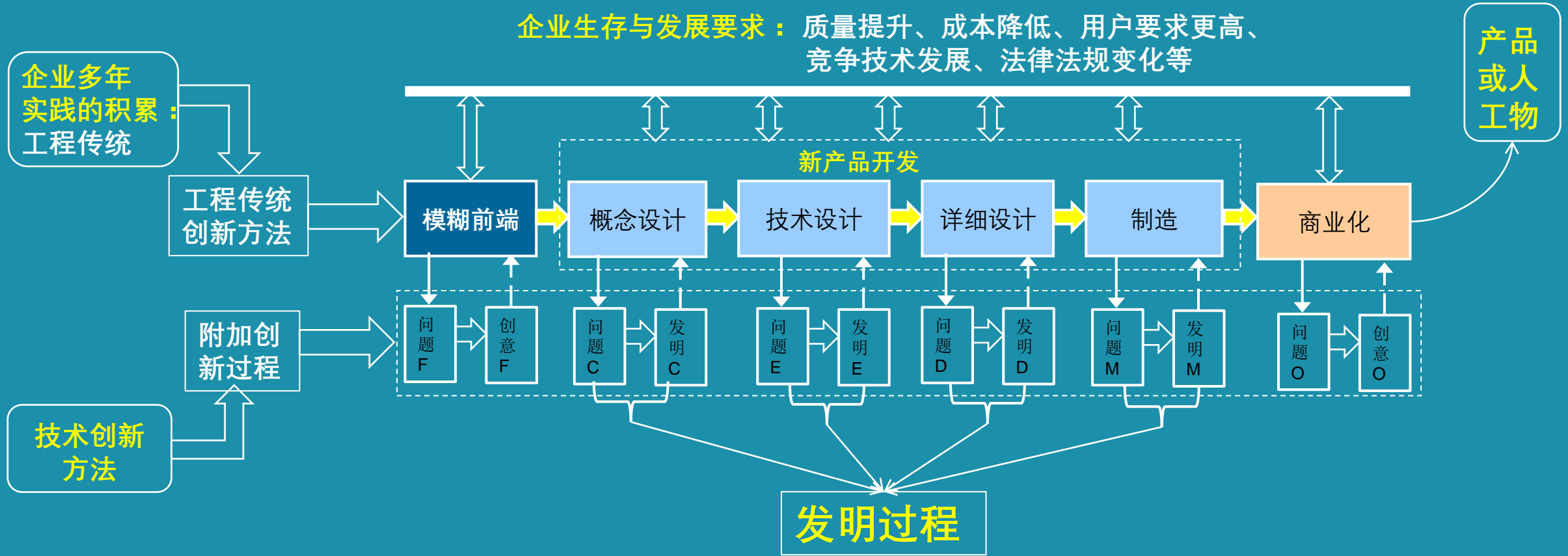
跨界能力：解决问题所需要的知识不在你掌握的范畴之内。 **基于直觉的方法**

方法运用：不熟悉结构化的工程创新方法。（只能应用头脑风暴、小组讨论、实验纠错等方法）



产品创新新方法 = 工程传统方法 + 技术创新方法

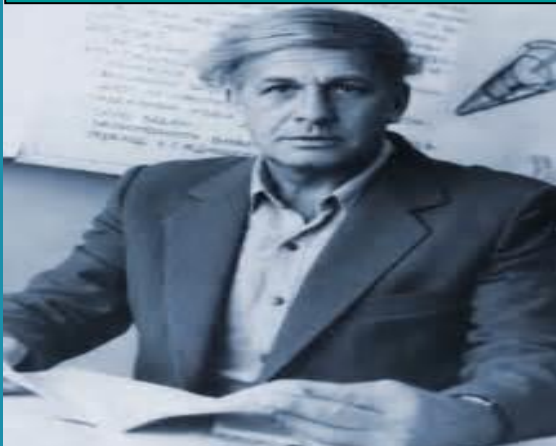
企业生存与发展要求：质量提升、成本降低、用户要求更高、竞争技术发展、法律法规变化等



工程传统与工程创新 …… 遗传与变异 为了适应创新的需求 方法需变异

二、TRIZ/C-TRIZ：技术创新方法

TRIZ之父 Altshuller

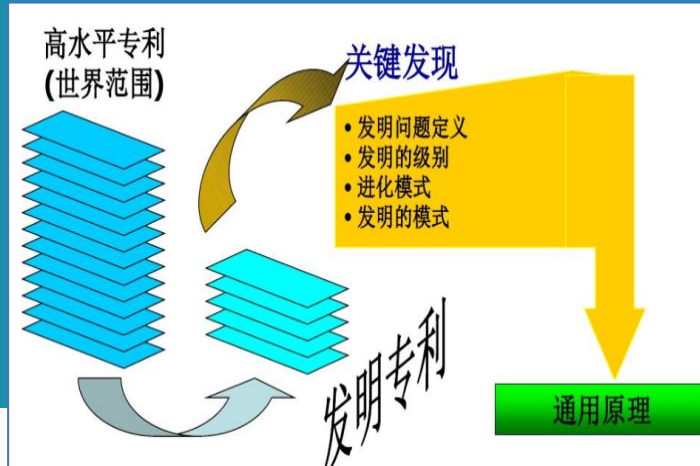


目前世界上**50**多个国家在应用TRIZ



The year of 2016 was celebrated as first, the 60th anniversary of foundation of TRIZ since the first paper on TRIZ "About Psychology of Inventive Thinking" was published by Genrich Altshuller [Altshuller 1956].

TRIZ：发明问题解决理论——面向发明问题的技术创新方法



总体评价：TRIZ 是基于跨学科创新知识、进化引导的技术创新方法；可以使创新者模拟世界最好发明家们的逻辑与跨学科的知识解决发明问题。



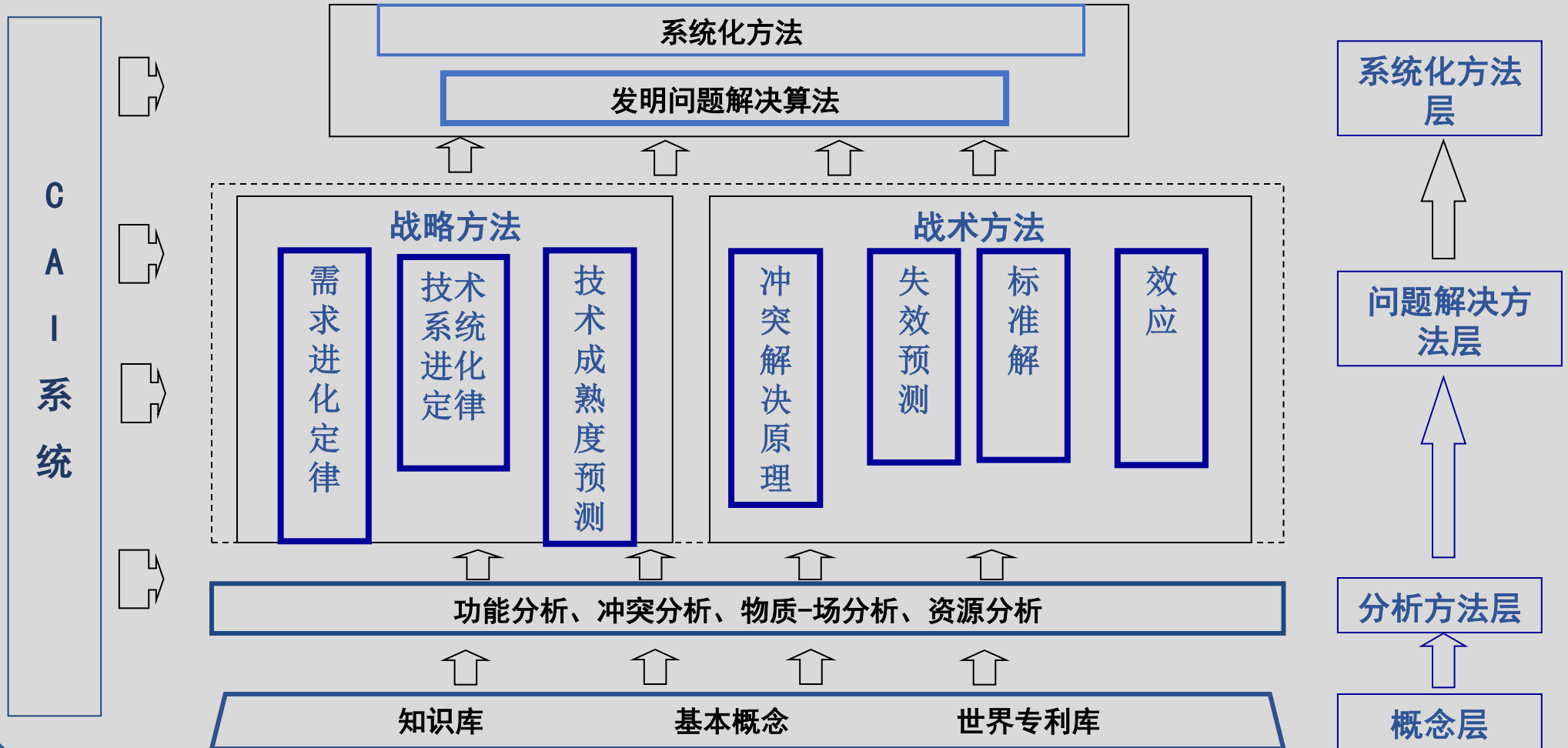
Source : Valeri Souchkov

Fig. 4. History of TRIZ distribution in the world over the last 25 years

发明问题解决理论: TRIZ

独立形态的工程知识体系之一

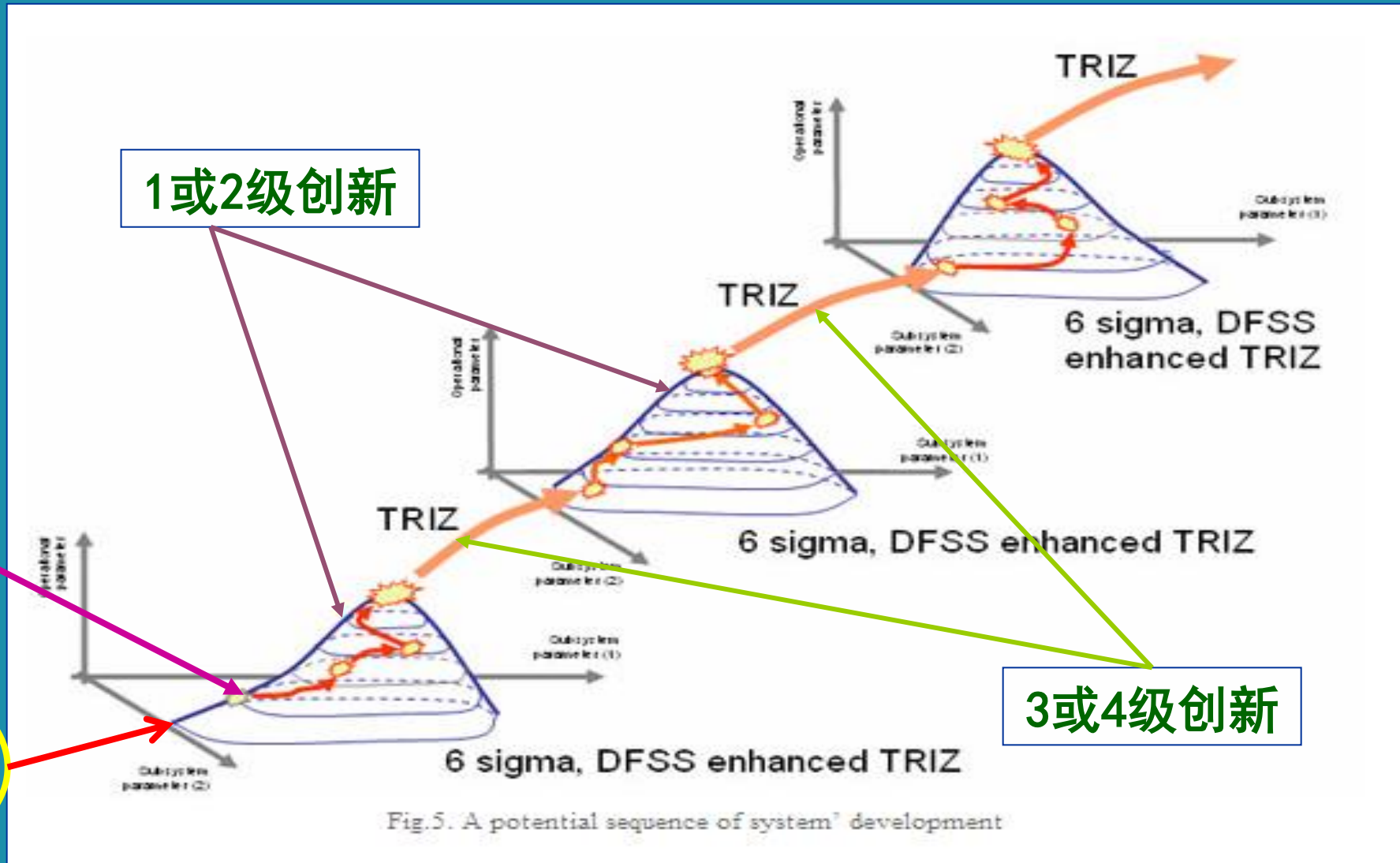
TRIZ 体系结构



TRIZ中的技术创新分级

- 1级 (Level 1) : **通常解**: 通常问题的解。对已有系统的简单改进。设计人员自身经验即可解决, 不需要创新。大约32% 的解属于该范围。
- 2级 (Level 2) : **系统变化**: 解决一个技术冲突对已有系统进行少量的改进。采用行业中已有的方法即可完成。解决该类问题的传方法是折衷法。大约有45%的解属于该范围。
- 3级 (Level 3) : **跨行业的解**: 对已有系统有根本性的改进。要采用本行业以外已有的方法解决, 要解决冲突。大约有18%的解属于该范围。
- 4级 (Level 4) : **跨学科的解**: 采用全新的原理完成已有系统基本功能的新解。解的发现主要是从科学的角度而不是从工程的角度。大约有 4%的解属于该类
- 5级 (Level 5) : **科学发现或重大技术发明**: 罕见的科学原理导致一种新系统发明。大约有1%属于该类。

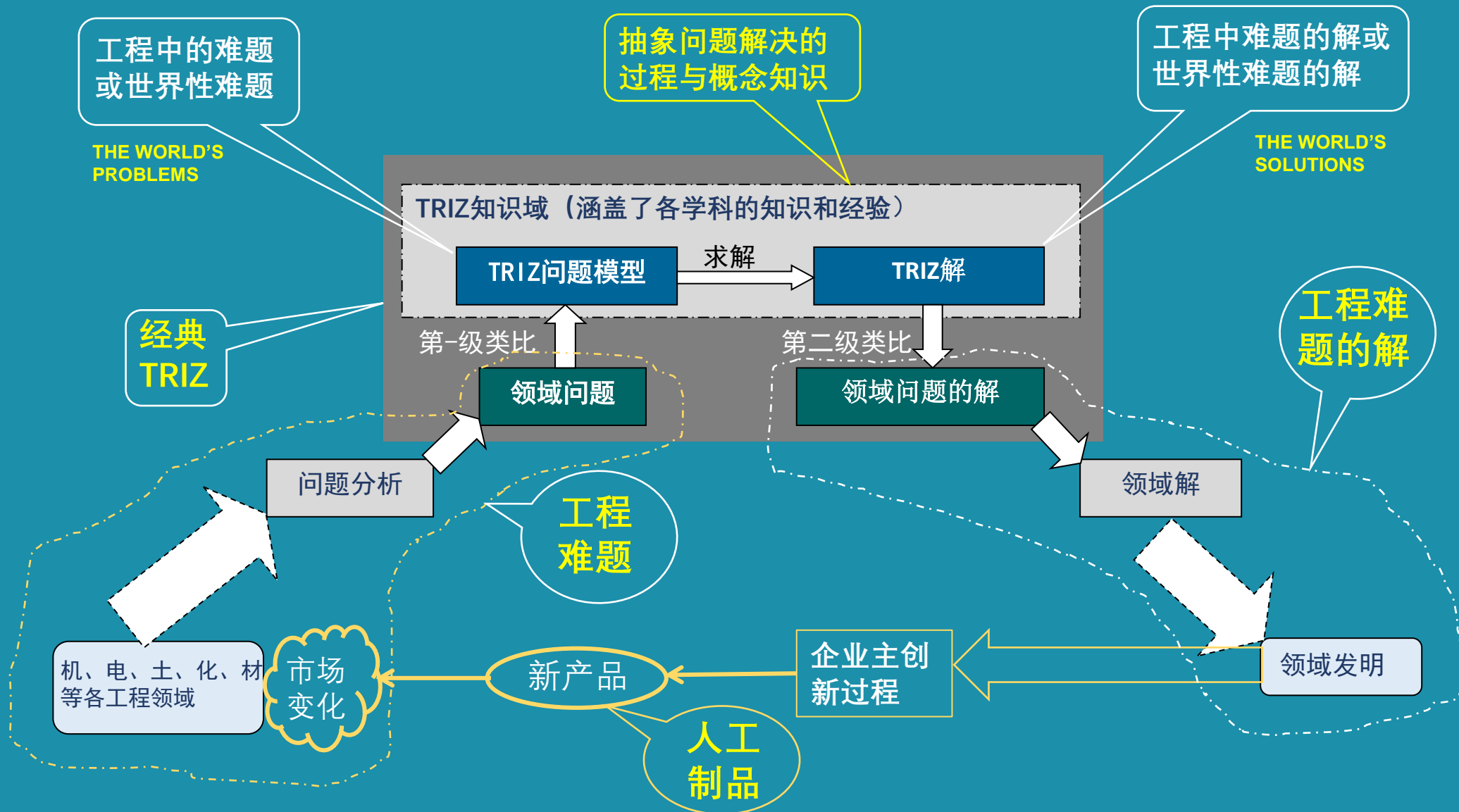
企业产品技术升级



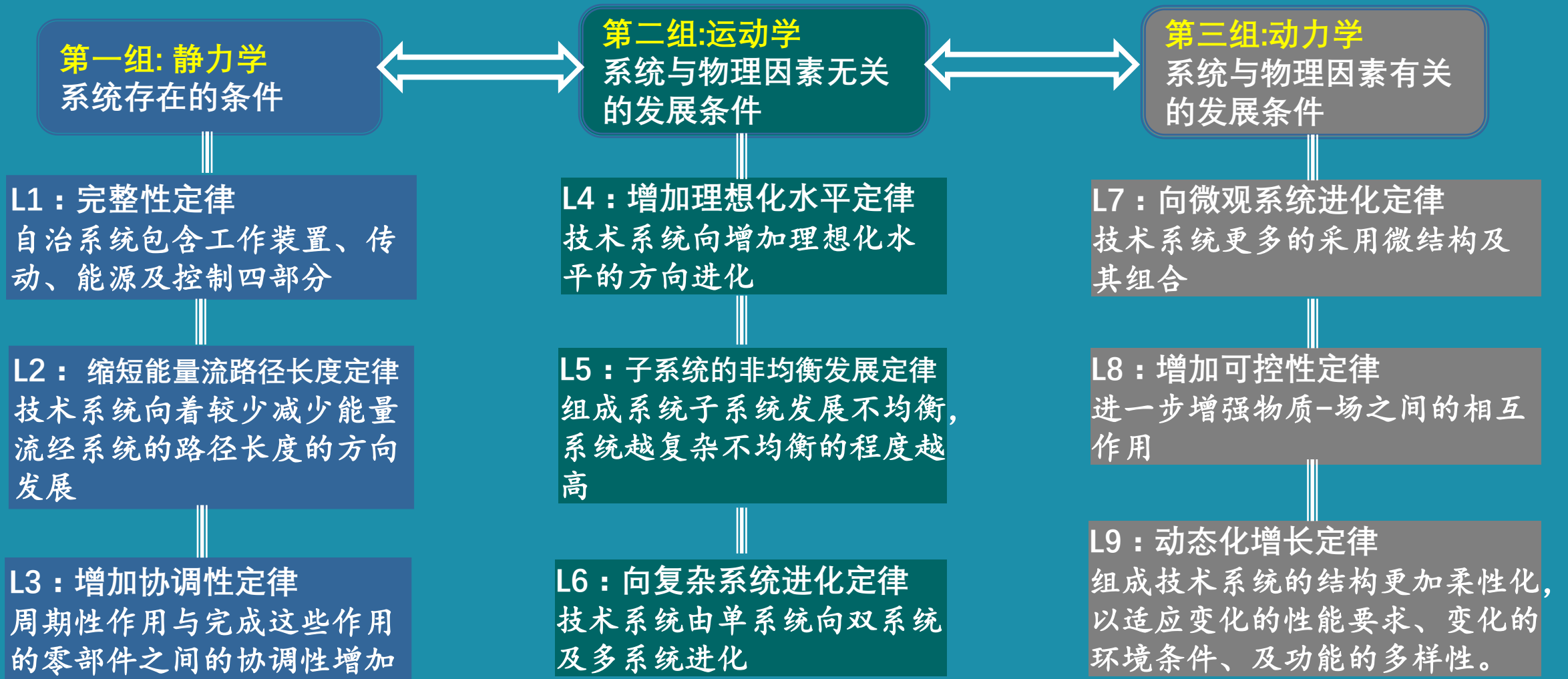
经典TRIZ 解决问题的流程

TRIZ主要特点：

- 系统化；
- 结构化；
- 多种工具支持的工程与技术创新；
- 技术进化的科学。



Fey&Rivin 给出的技术进化定律

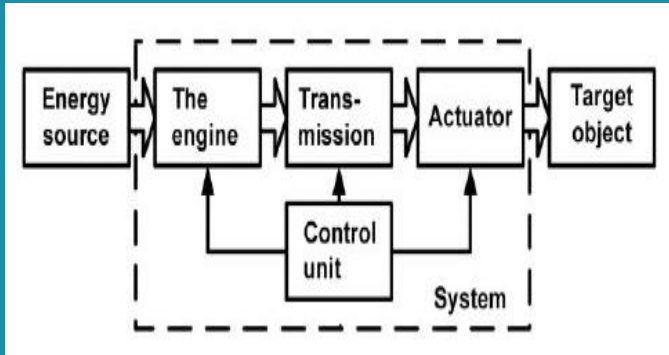


定律是为实践和事实所证明, 反映事物在一定条件下发展变化的客观规律的论断。

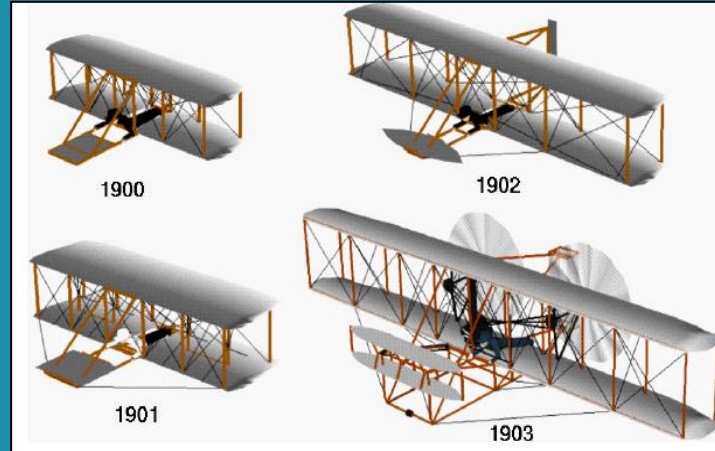
完整性定律及其应用

L1：完整性定律

自治系统包含工作装置、传动、能源及控制四部分



Models of the Wright Brothers' Aircraft (1900-1903)



	Actuator	Transmission	Engine	Control element
Actuator	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$
Transmission	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$
Engine	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$
Control element	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$

Table 3: Estimation of ideality of the Wright brothers' aircraft.

Aircraft of Mozhaysky

莫扎斯基飞机

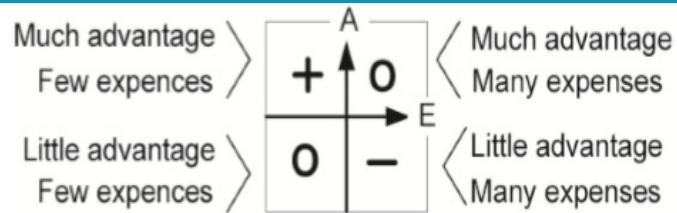
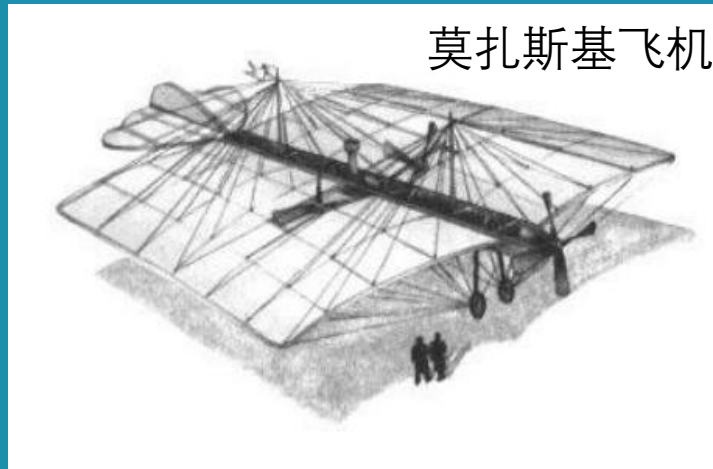


Figure 4: Graphical estimation of ideality

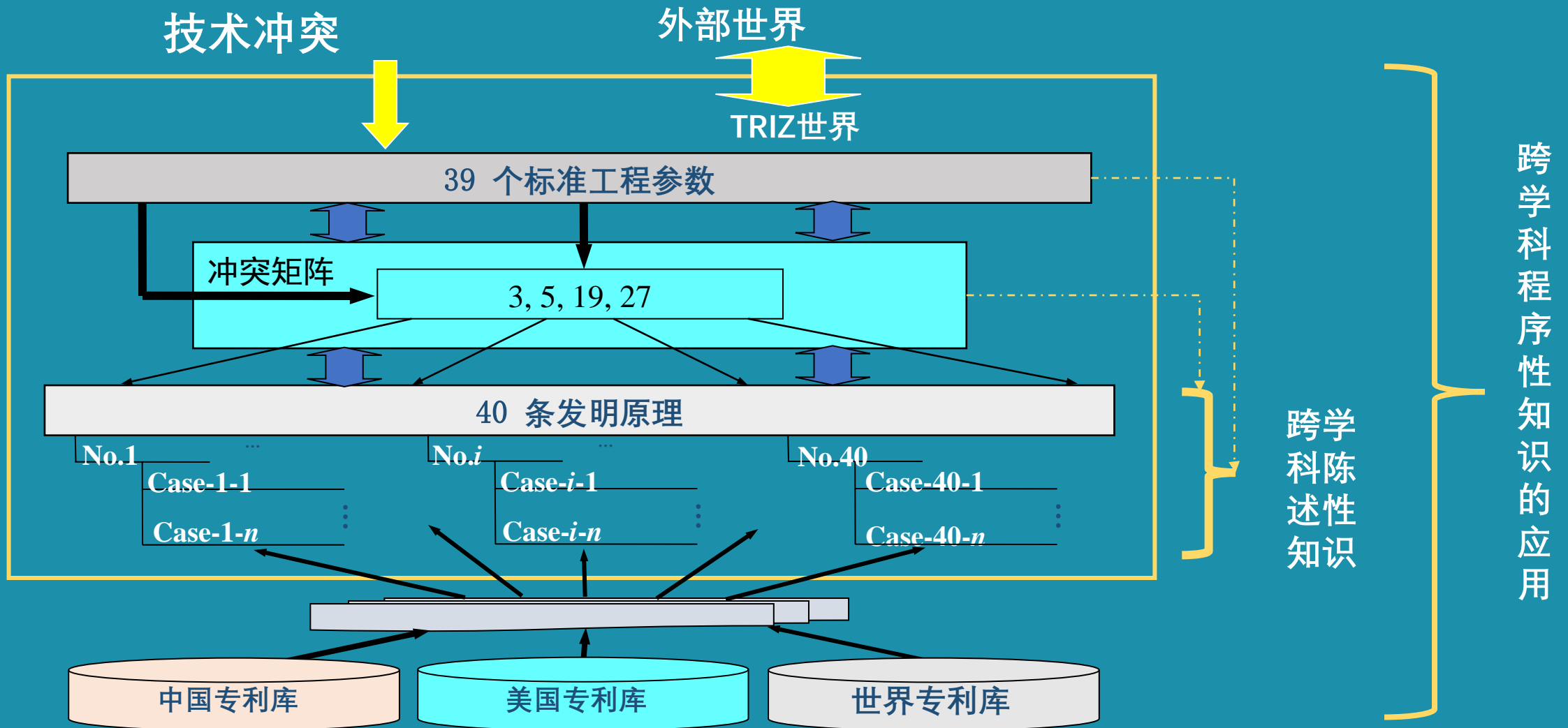
	Actuator	Transmission	Engine	Control element
Actuator	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$
Transmission	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$
Engine	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$
Control element	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow & \circ \\ + & \circ \\ \circ & - \end{matrix}$

Table 4: Estimation of ideality of Mozhaysky's aircraft

Source: Victor Berdonosov, (2011)

Aleksandr Fyodorovich Mozhaysky, (born March 9, 1825, Rochensalm Russia[now Kotka, Fin.]—died March 20, 1890, St. Petersburg),

技术冲突求解过程中的跨学科知识运用



<div style="background-color: yellow; padding: 5px;">系统恶化的特性</div> <div style="background-color: lightgreen; padding: 5px; margin-top: 5px;">系统改善的特性</div>		运动物体质量	静止物体质量	运动物体尺寸	速度	运动物体使用能量	制造精度
		1	2	3	9	19	29
1	运动物体质量		—	10 8 29 34	2 8 15 38	35 12 34 31	28 35 26 18
2	静止物体质量	—			—	—	10 1 35 17
3	运动物体尺寸	8 15 29 34				8 35 24	10 28 29 37
9	速度	2 28 13 38	—	13 14 8		8 15 35 38	10 28 32 25



B737-300型客机改进设计中的冲突



不对称原理



采用TRIZ中的40条发明原理可解决产品设计中的冲突

发明原理7：套装

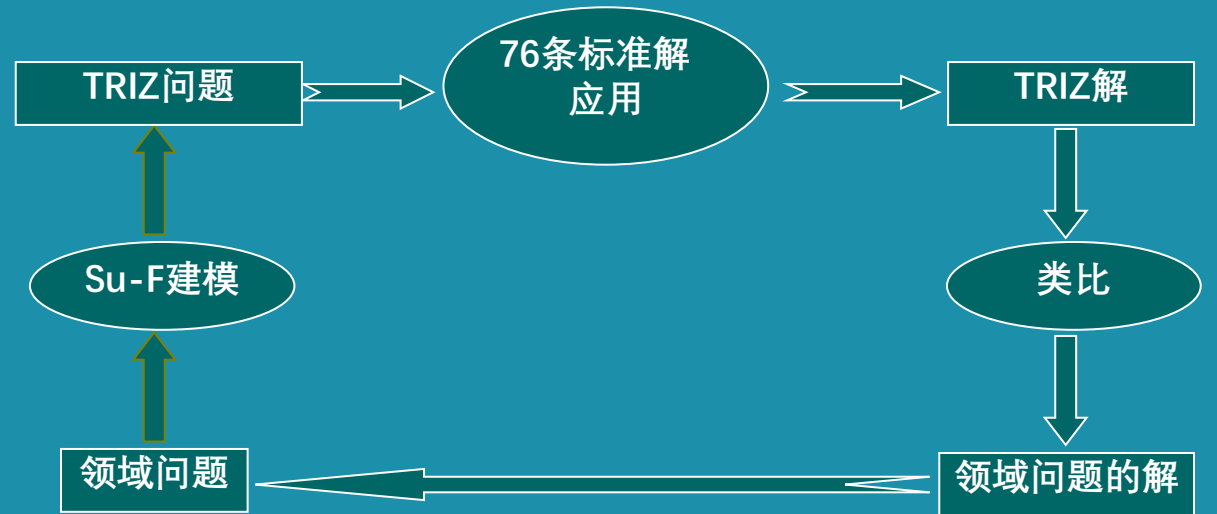
- 将一个物体放在第二个物体中，将第二个物体放在第三个物体中，可进行下去
- 使一个物体穿过另一物体的空腔



标准解

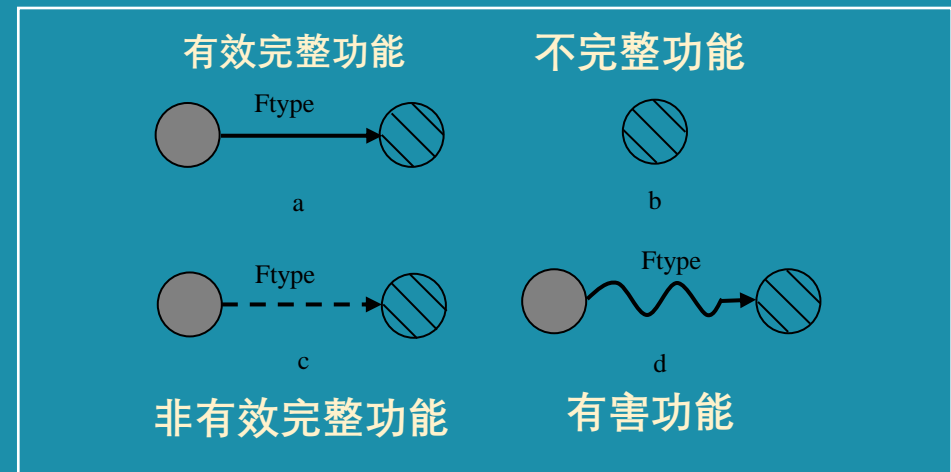
- | | |
|-----------------|---------|
| 1、不改变或少量改变来改进系统 | 13 条标准解 |
| 2、改变系统 | 23 条标准解 |
| 3、系统转换 | 6 条标准解 |
| 4、检测与测量 | 17 条标准解 |
| 5、简化与改进的策略 | 17 条标准解 |
| 共： | 76 条标准解 |

基于物质-场和标准解的发明问题解决过程



功能作为TRIZ的基础，Altshuller通过对功能的研究，发现并总结了以下3条基本原理：

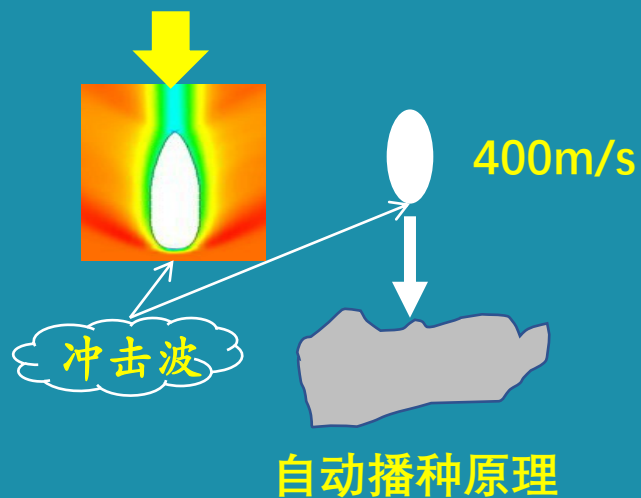
- 1) 所有的功能都可分解为三个基本元件；
- 2) 一个存在的功能必定由三个基本元件构成；
- 3) 将相互作用的三个基本元件有机组合将产生一个功能。



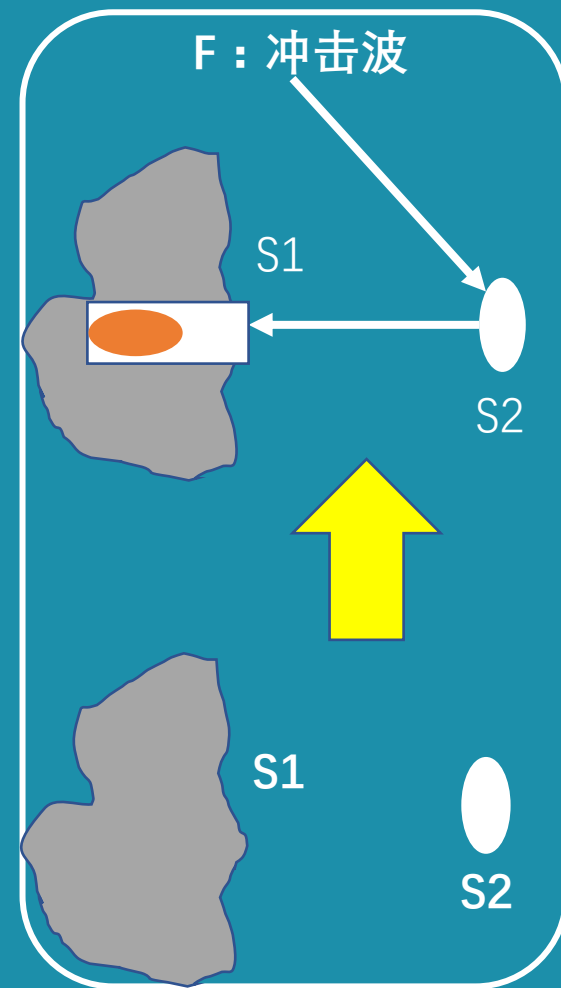
自动播种 —— 实现一种有用功能

播种3步：

在土地表面挖孔、种子置于孔内、用土覆盖孔

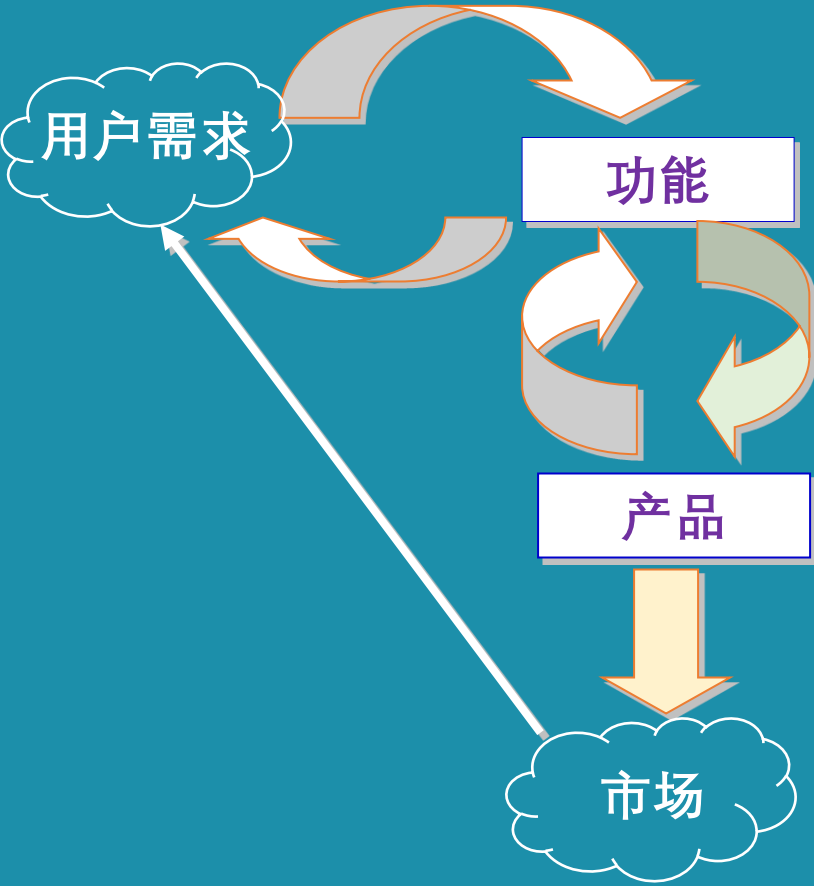


原理：高速旋转的转盘将种子的速度加速到400m/s，沿直线撞上土地表面，由于种子前部形成一冲击波，帮助种子深入土表之下一段距离，完成播种。



冲击波 (shock wave) 是一种不连续峰在介质中的传播，这个峰导致介质的压强、温度、密度等物理性质跳跃式改变。任何波源，当运动速度超过了其波的传播速度时，这种波动形式都可以称为冲击波，或者称为激波。其特点是波前的跳跃式变化，即产生一个锋面。锋面处介质的物理性质发生跃变，造成强烈的破坏作用。冲击波的传播通常通过物质的媒介。

效应——如何将数理化天地生等学科中的科学原理应用于发明问题的解决



产品开发过程中的功能实现

效应名称：气垫效应

空气压力将重物举起或移动

说明：
泵、压缩机或者鼓风机向物体或车辆下的增气室填充空气来增加增气室的压力，从而产生一个气垫。增气室的侧壁通常用柔韧的帘布或挡板制成。室中的压力产生一个和物体重力相等的支撑力。这使得车辆可以在陆地和水上行驶。

相关：
应用：
气垫车辆可以在陆地和水上行驶。

公式：

$$F = A(p - p_0)$$

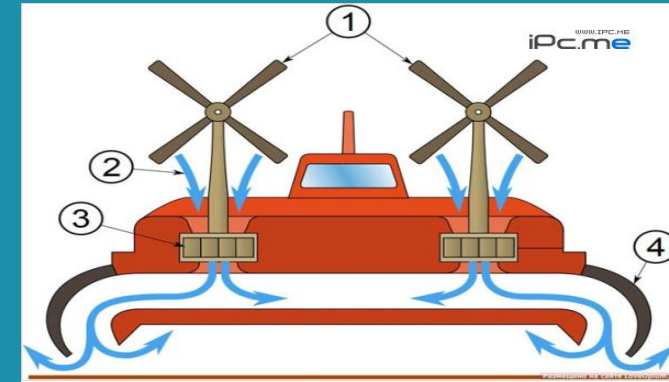
限定：
气垫中的压力通常保持在高于大气压力40到80磅每平方英尺（200到400kg/m²）。

条件：

1. 泵、压缩机或者鼓风机必须能产生足够的压力以补偿物体的重量。
2. 如果增气室的空气泄漏减小到最少，则举起物体所需的功率较小。

压力产生一个和物体重力相等的力

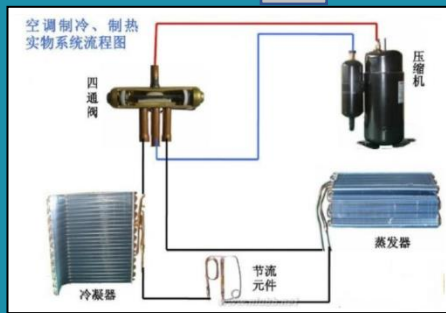
F - 气垫的提升力, N (牛顿)
A - 增气垫支撑面的面积, m²
p - 气垫中压力, Pa (帕斯卡)
p₀ - 大气压力, Pa



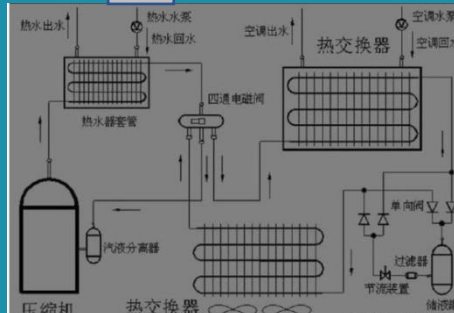
功能块：功能 + 反向功能 + 稳定某参数 + 使该参数变化（动态化）

冷暖空调

制冷 + 制热 + 稳定温度 + 调节温度



制冷工作原理



制热工作原理

规则：为了实现提升系统效率的目标，构建功能块，将场提升到相同的水平。

微观

能量应用范围提升

宏观



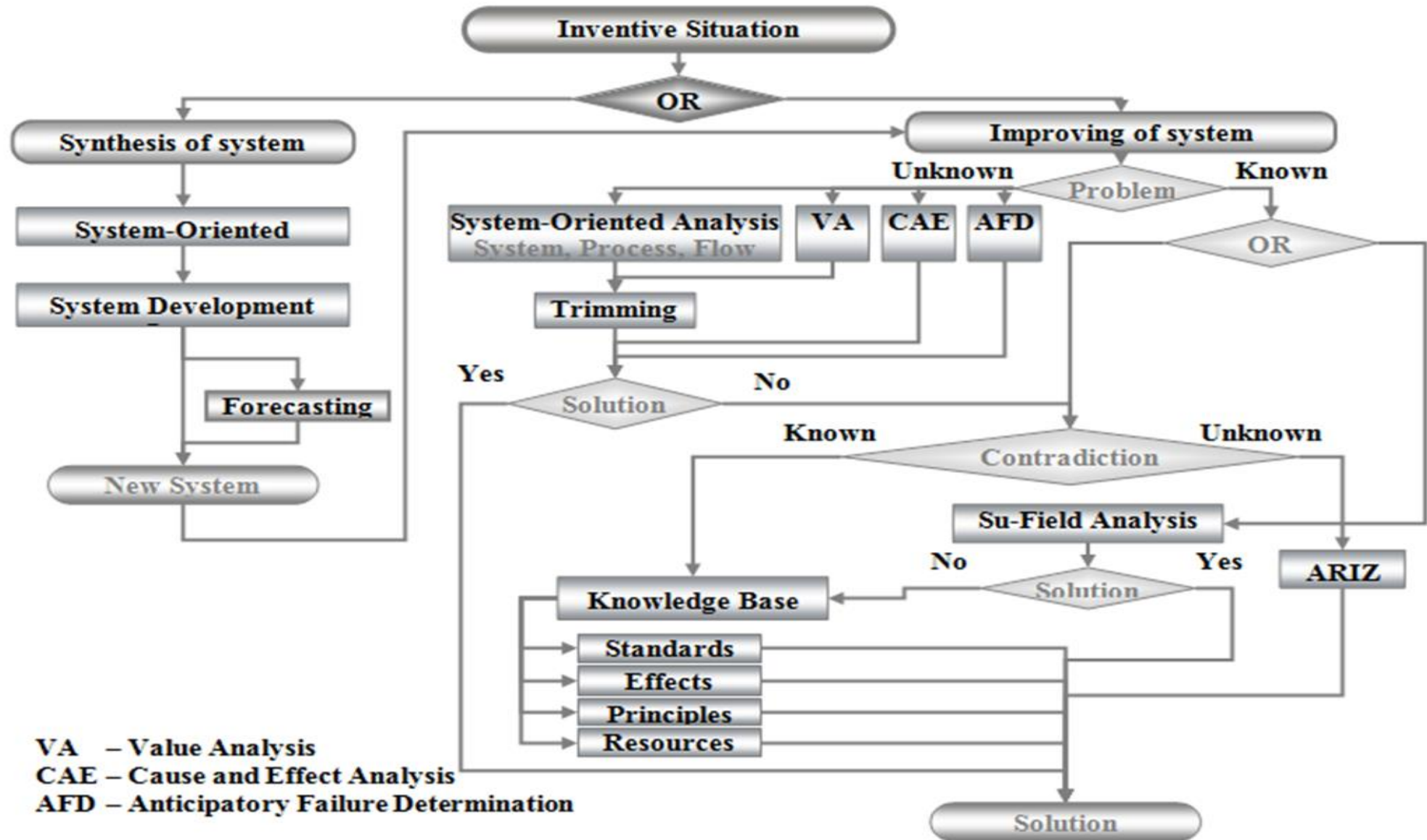
功能块算法：

第1步：确定目标系统的功能
第2步：确定反向功能及系统
第3步：将两个系统功能集成形成超系统功能

1. 确定新系统的两类动作：
稳定状态与该状态的调节；
2. 确定新系统的能源形式；
3. 如果两个子系统的能源形式不同，提升为相同。

第4步：确定实现超系统功能的技术系统

第5步：为新系统选择能量形式



TRIZ 小结

发现问题

问题诊断和分析、
问题构建、系统
分析的推理方法

发明原理、技术进
化模式定义了新的
跨领域解搜索策略

解决问题

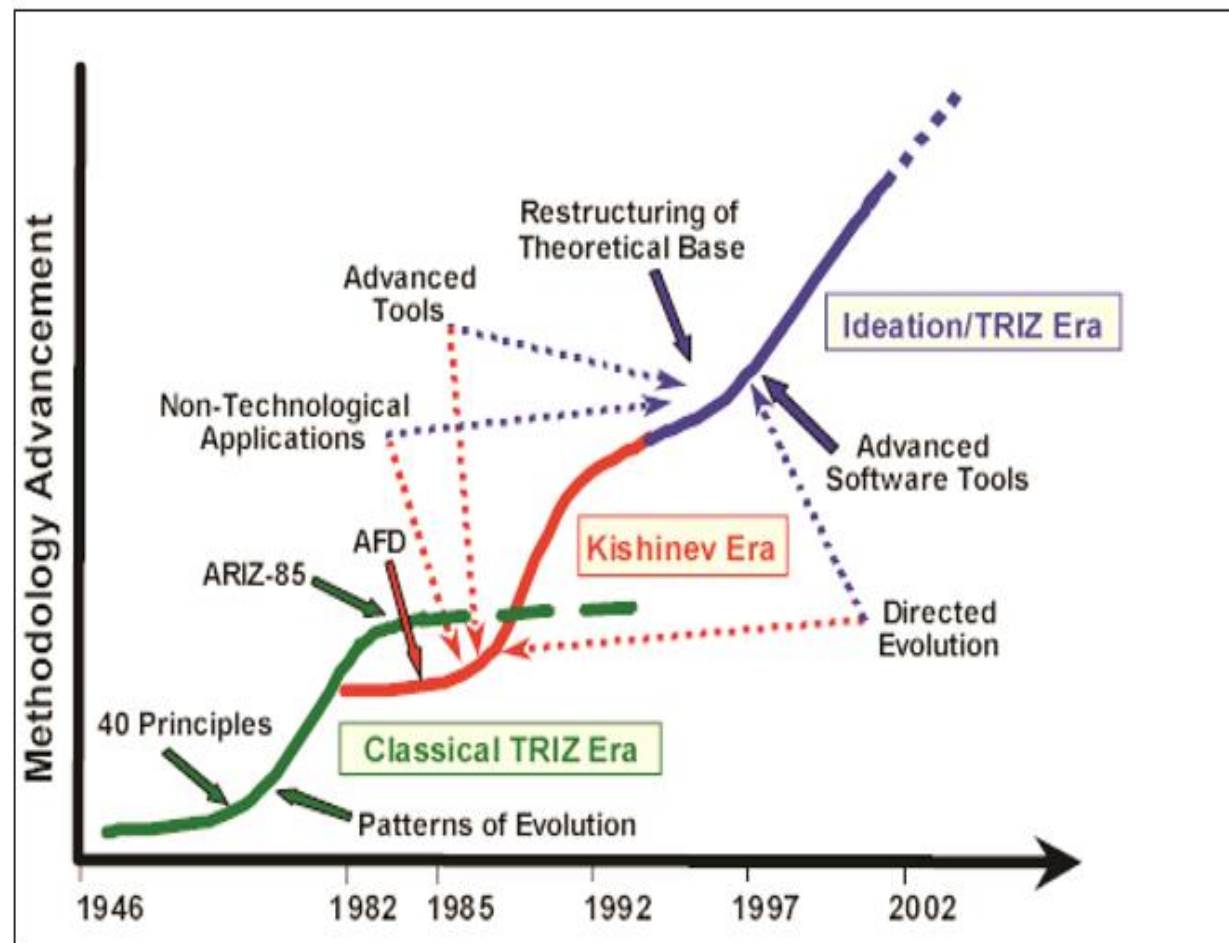
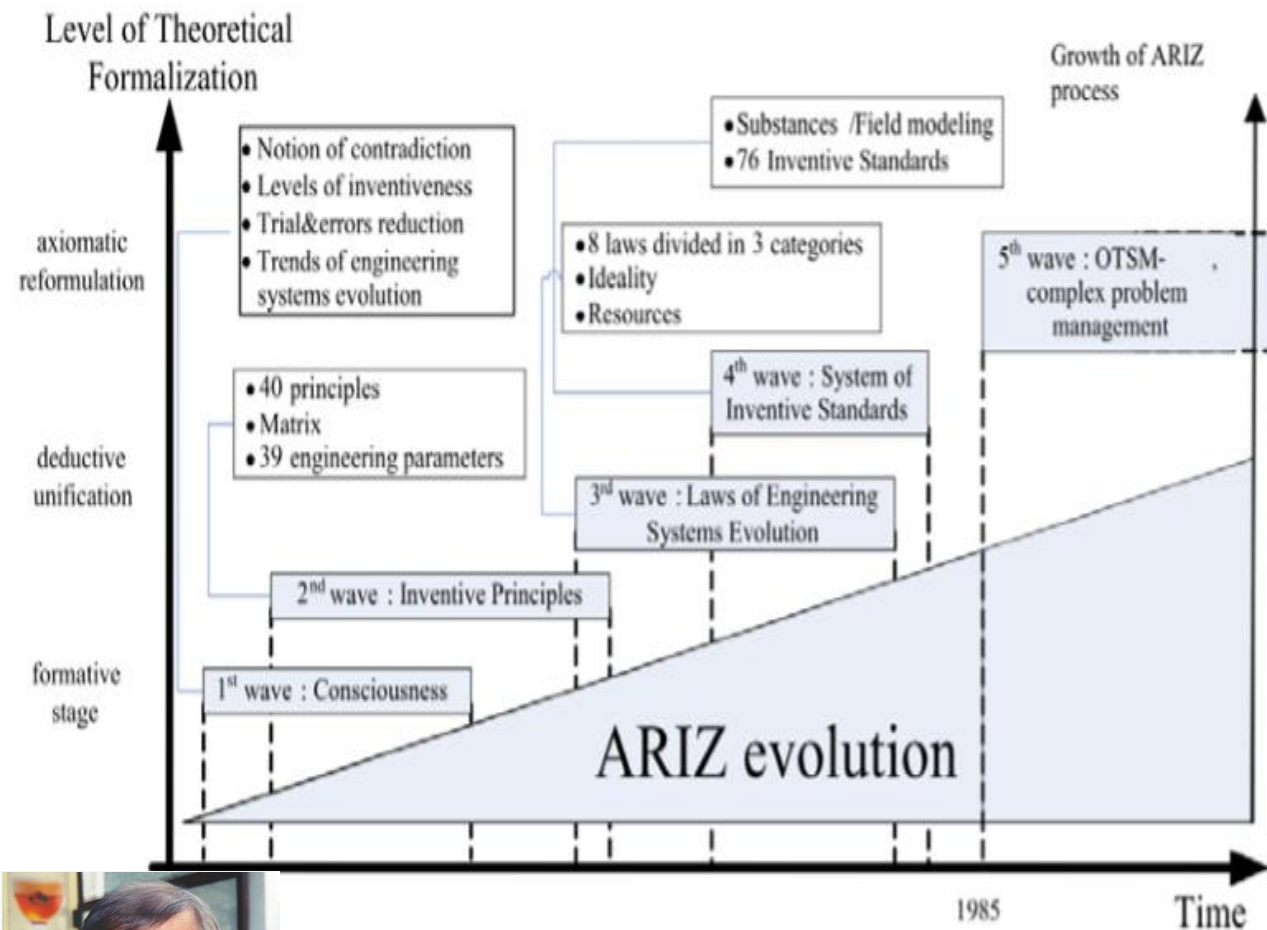
TRIZ

思维方
式的扩展

系统思维、进化思维
冲突思维、资源思维

TRIZ国际研究现状：1998年后，以经典TRIZ为基础的新理论不断涌现

Genrich Altshuller (1998) 去世后TRIZ发展状况



Evolution of the TRIZ body of knowledge (Khomenko et al., 2007).

Figure 1: Evolution of TRIZ and I-TRIZ. Boris Zlotin, Alla Zusman, 2010



创新方法在国内开展研究与推广应用的背景

科学技术部等部门关于印发《关于加强创新方法工作的若干意见》的通知

国科发财[2008]197号

各省、自治区、直辖市、计划单列市科技厅(委、局)、发展改革委、教育厅(委、局)、科协,新疆生产建设兵团科技局、发展改革委、教育局、科协:

“自主创新,方法先行”,创新方法是自主创新的根本之源。为贯彻党的十七大精神和国务院领导多次对创新方法工作的重要批示,落实科学发展观和《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》,切实加强创新方法工作,从源头上推进创新型国家建设,根据《科学技术进步法》,我们研究提出了《关于加强创新方法工作的若干意见》。现印发给你们,请结合实际,认真贯彻执行。

附件:科学技术部等部门关于加强创新方法工作的若干意见

科学技术部
国家发展和改革委员会
教育部
中国科学技术协会
二〇〇八年四月二十三日

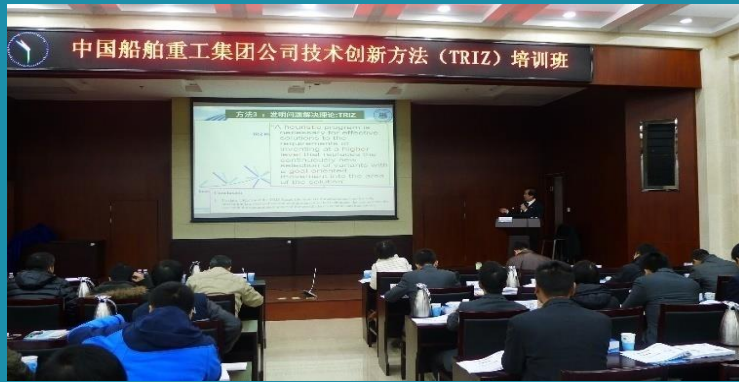
附件:



本次大赛共有全国31个区域赛区、1000多家企业、2000余支参赛队(项目)报名参赛。经区域赛选拔后,评选出200支代表队(项目)进入全国总决赛,通过19、20日两天的项目展示、理论测试的激烈对决,决出了最终胜负。中国创新创业大赛的大学生TRIZ专项赛、工业工程创新方法专项赛的前三名也在总决赛中进行了颁奖。



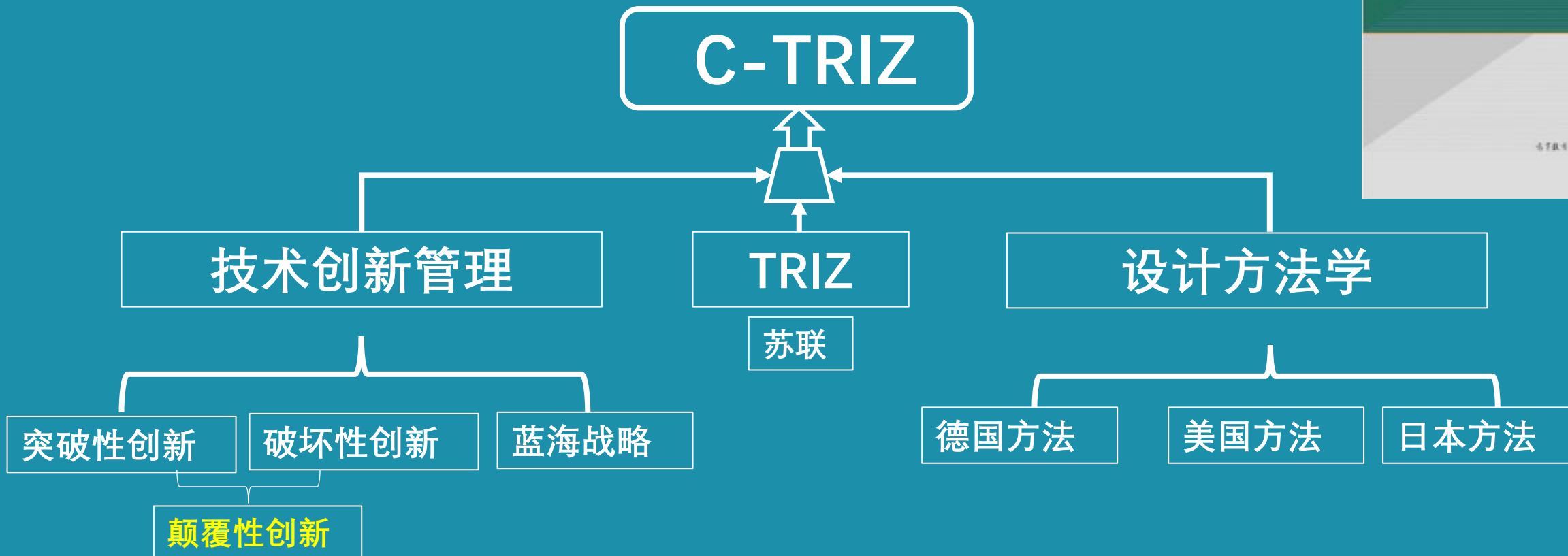
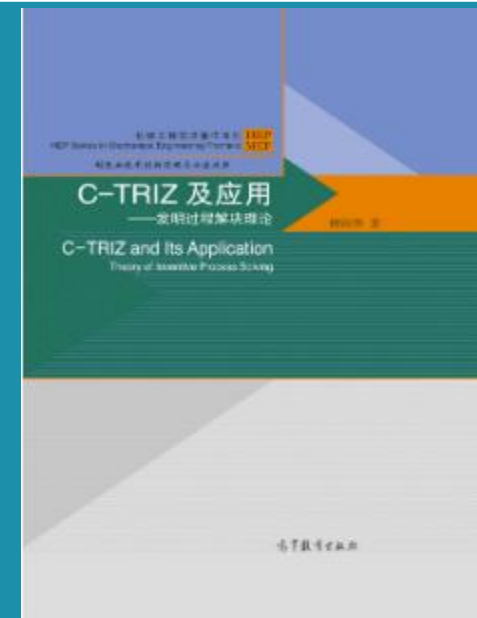
2008年后，全国各省市自治区与很多企业启动了创新工程师培训



C-TRIZ：发明过程解决理论

C-TRIZ：面向过程的工程与技术创新方法

(独立形态的工程知识体系之二)



产品创新过程：工程传统方法与技术创新方法的融合

产品创新新方法 = 工程传统方法 + 技术创新方法

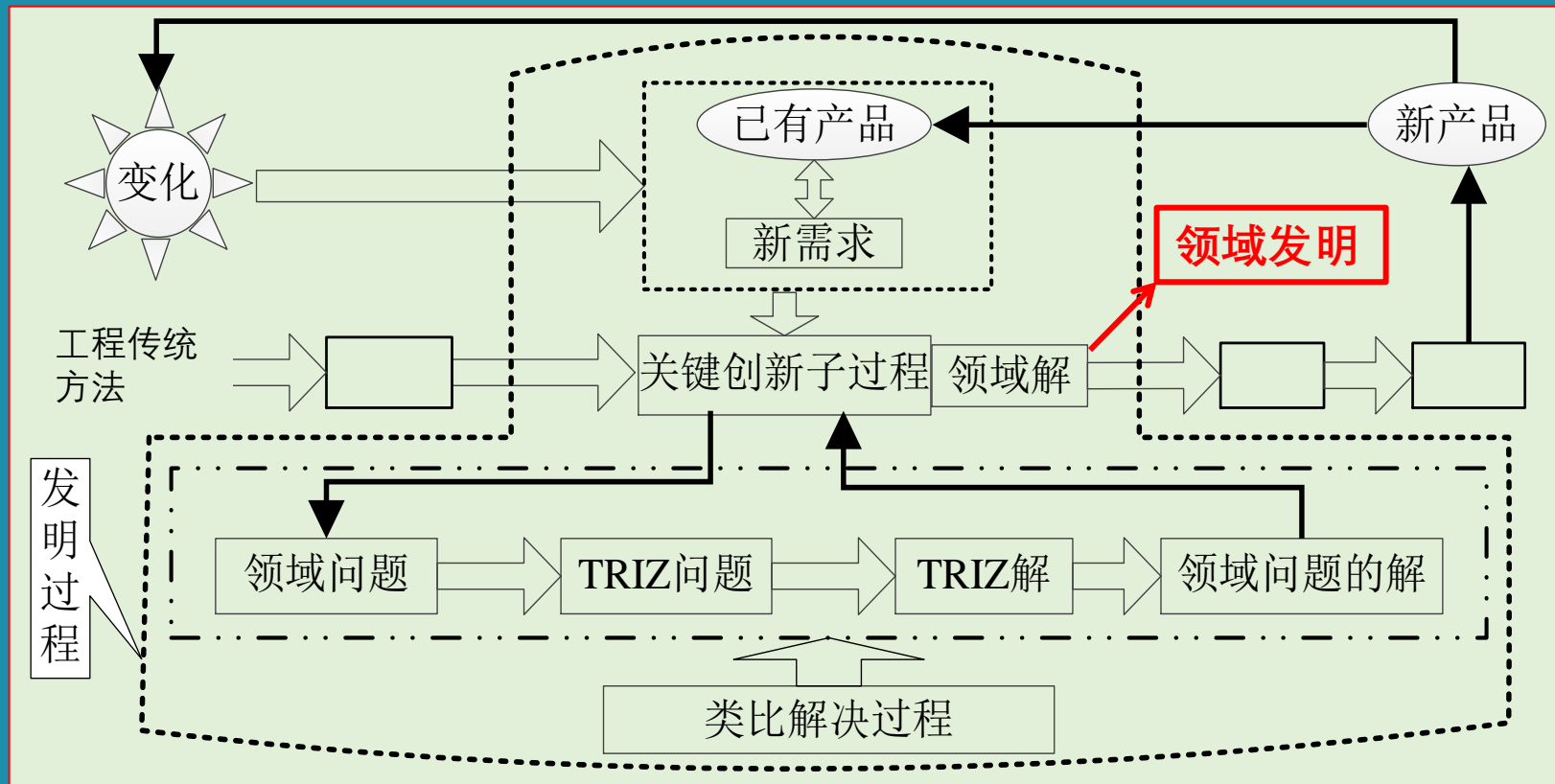
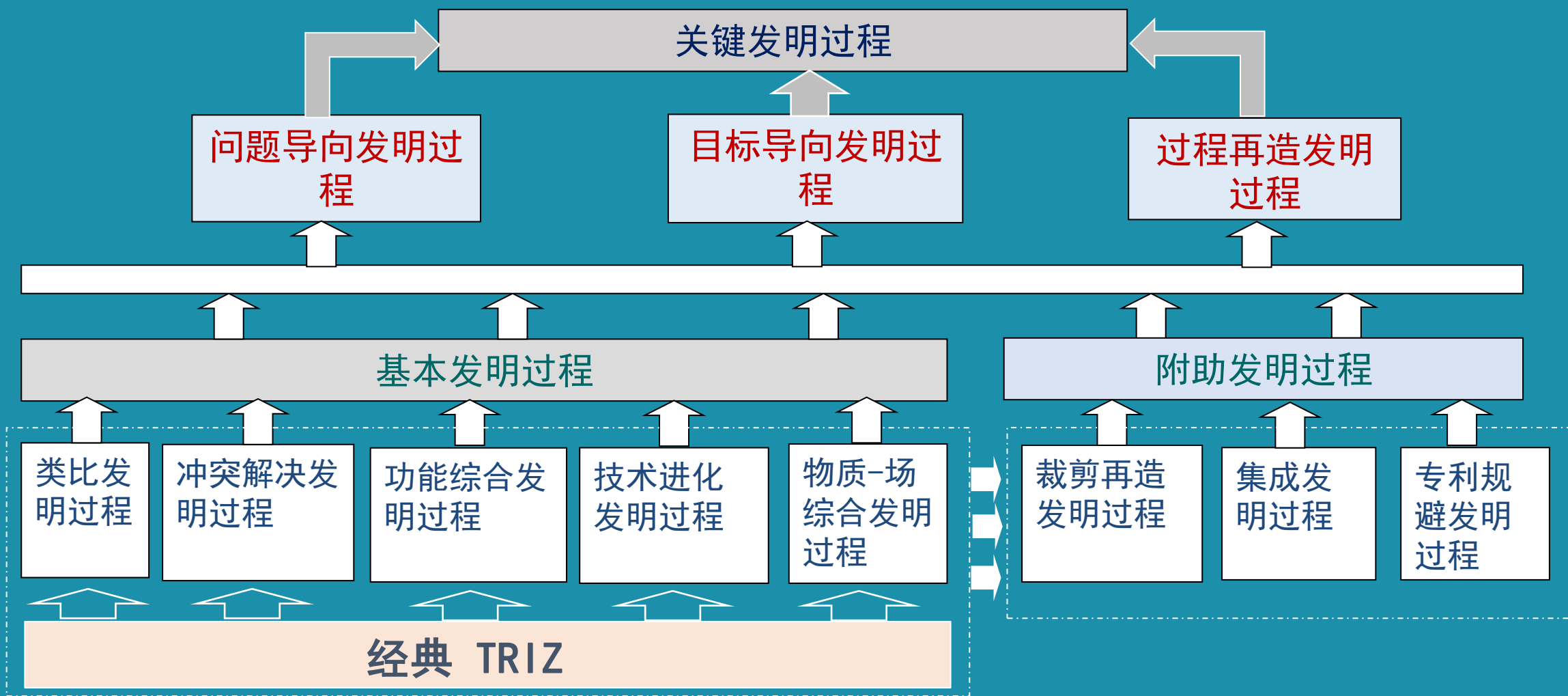


Table 2. TRIZ tools proposed for integration in PP and CD activities.

Process step	Tools from Classical TRIZ	Tools derived from TRIZ
Requirements definition	- Laws of Engineering Systems Evolution (LESE)	
Main problem decomposition	- Functional Modelling - System Operator	- OTSM-TRIZ Network of Problems
Solutions identification for each single function	- Laws of Engineering Systems Evolution (LESE) - Su-field modelling and Standard Solutions - Ideal Final Result - Pointer to Effects - Smart Little People - STC Operator - Contradiction approach: Inventive and Separation principles	- Guided Brainstorming inspired by the System Operator - TOP TRIZ
Solution combination	- Contradiction modelling and Inventive Principles	OTSM-TRIZ-ENV model

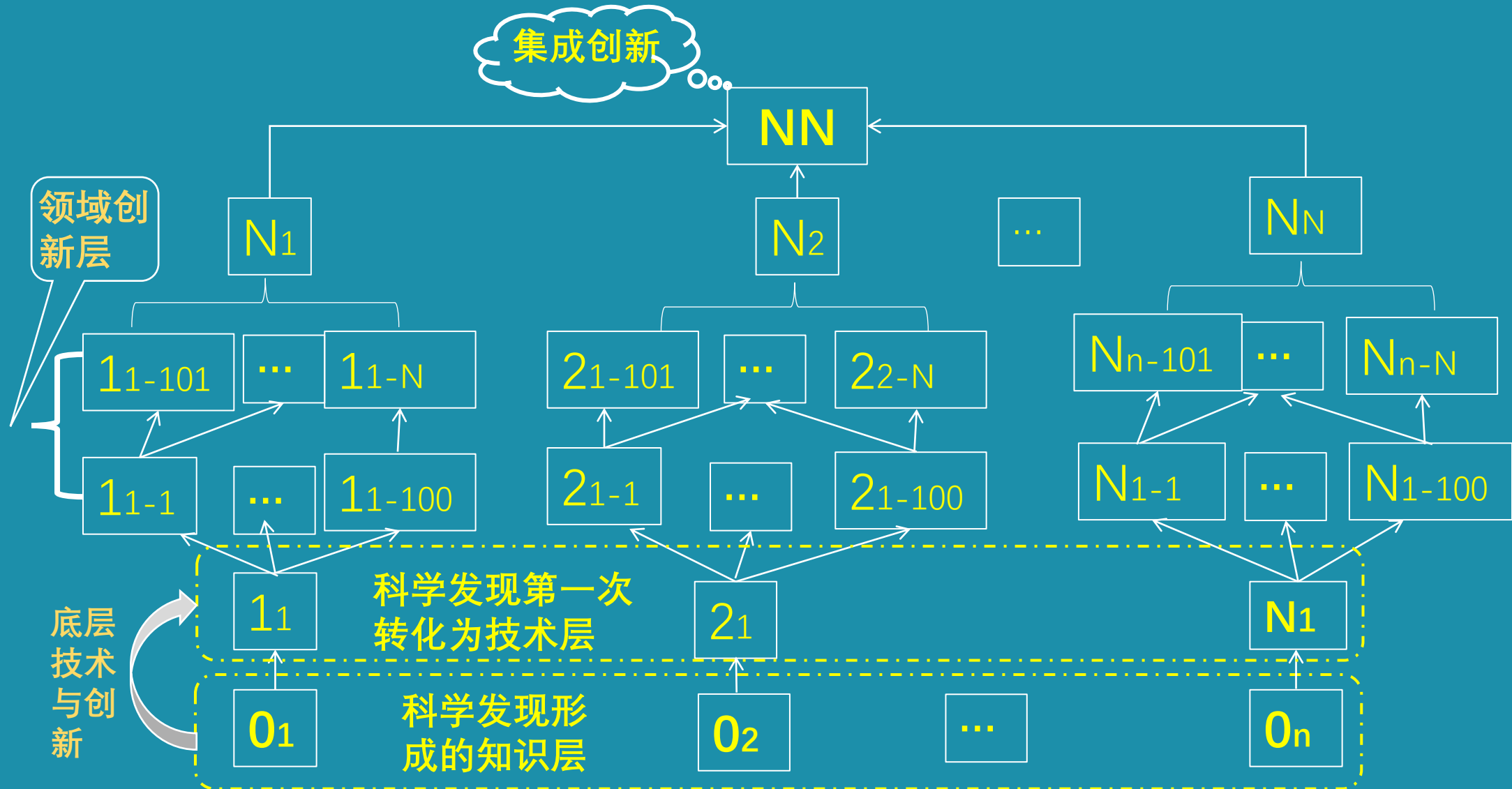
C-TRIZ: 发明过程分类—— 11类

目标导向发明过程：突破性发明过程、破坏性（颠覆性）发明过程



集成创新方法：部分集成创新是原始创新

- 科技创新，既包括“从0到1”的基础研究和原始创新；
- 也包括“从1到100”的应用研究；
- 又包括从100到N的市场化运作；
- 还包括从N1, N2, ..., Nn的集成创新NN (0-1)。



功能集成创新方法

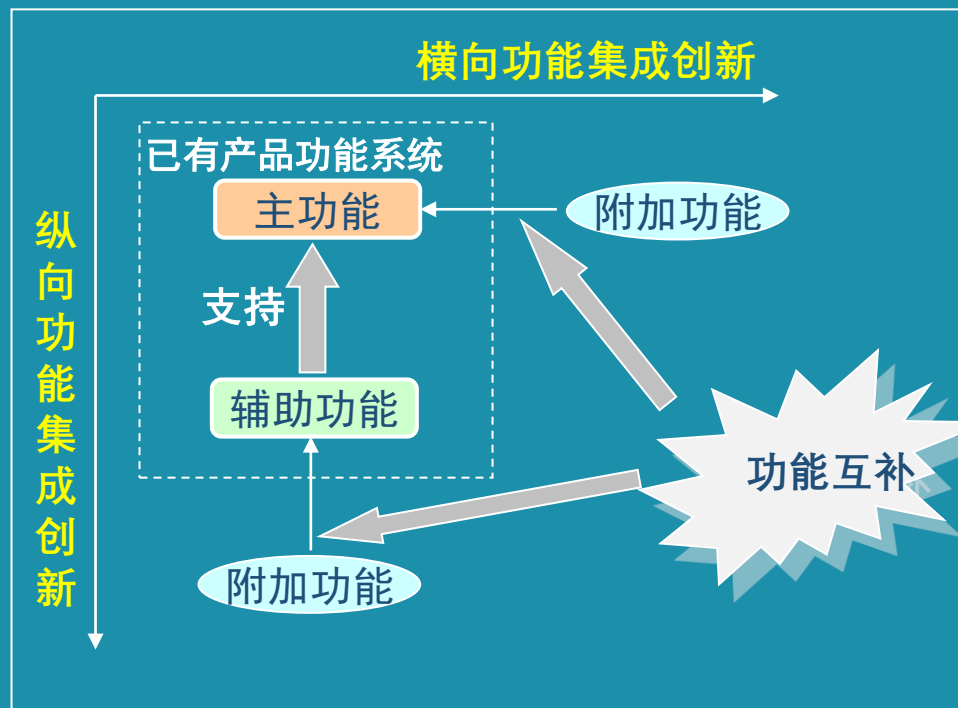
功能集成创新是通过对已有产品功能系统添加满足用户新需求的功能，进而得到具有多功能特性的产品，以提高已有产品的理想化水平（IFR）。

纵向功能集成

当附加功能是产品的辅助功能，得到的产品的主功能不变，辅助功能体现产品多功能性

横向功能集成

当附加功能是其它产品的主功能，与已有产品功能系统集成后，得到的产品具有多个主功能



纵向功能集成



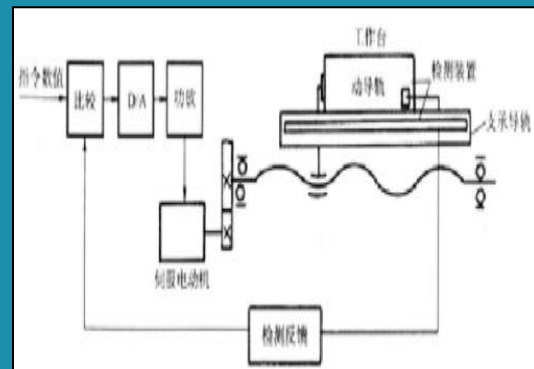
台灯 + 表



数控龙门镗铣床



HUAWEI Mate30 Pro



机床闭环控制系统



光线可调节台灯



共享单车智能锁

纵向功能集成

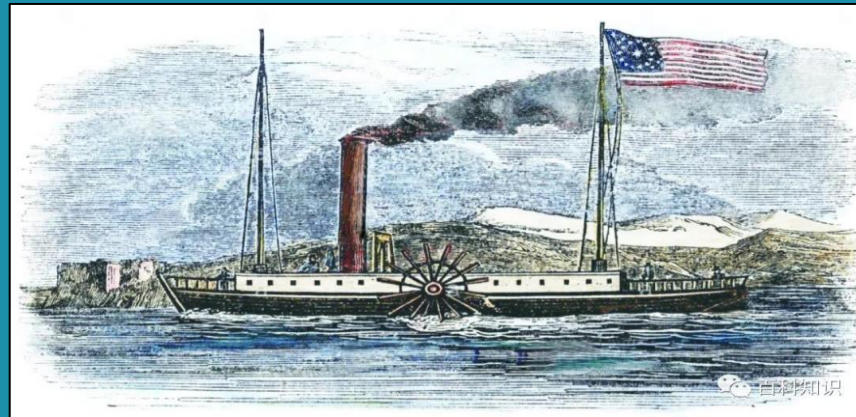
轮船的诞生：技术集成创新案例

轮船之父—罗伯特·富尔顿

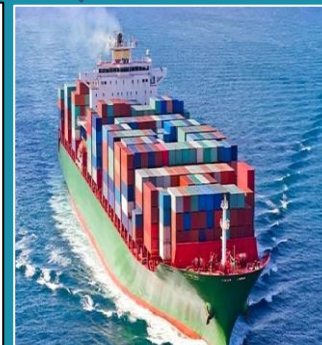
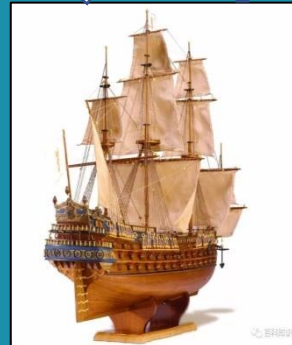


“克莱蒙特”号叶轮机蒸汽轮船

1807年8月17日10点，这艘轮船冒出浓浓的黑烟，桨轮迅速转动着，从纽约出发，沿着哈得逊河向奥尔巴尼城进发。在连续航行了32小时之后，“克莱蒙特”号到达了奥尔巴尼城。



经过一百多年的开发，到了十八世纪中叶，北美大陆的经济已经相当发达，随着工农业的迅速发展，对交通运输提出了更高的要求。由于当时尚未发明火车，陆路交通还不发达，所以海洋和内陆河流的水上航运起着重要的作用，因此造船业迅速发展。在1720年波士顿就已经有了十四个造船厂，每年可造船二百艘。到了美国独立前（注：1776年美国宣布独立），造船吨位已经达到英国造船吨位的一半。尽管如此，原有的靠风力和人力航行的船舶仍然不能满足要求，迫切地需要改革旧的交通工具，研制出具有强大动力的新式船舶，完成这一历史任务、发明了轮船的是美国工程师富尔顿。



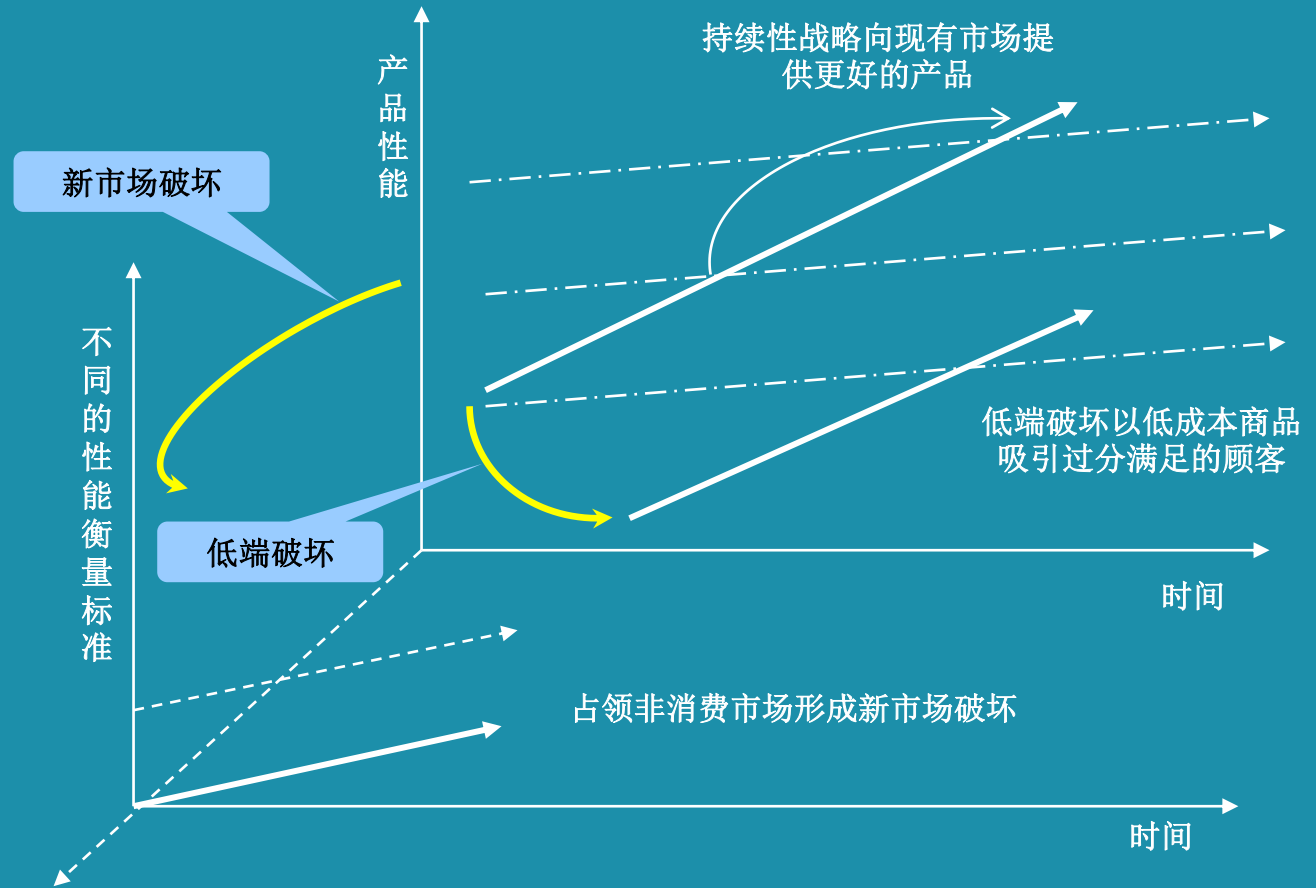
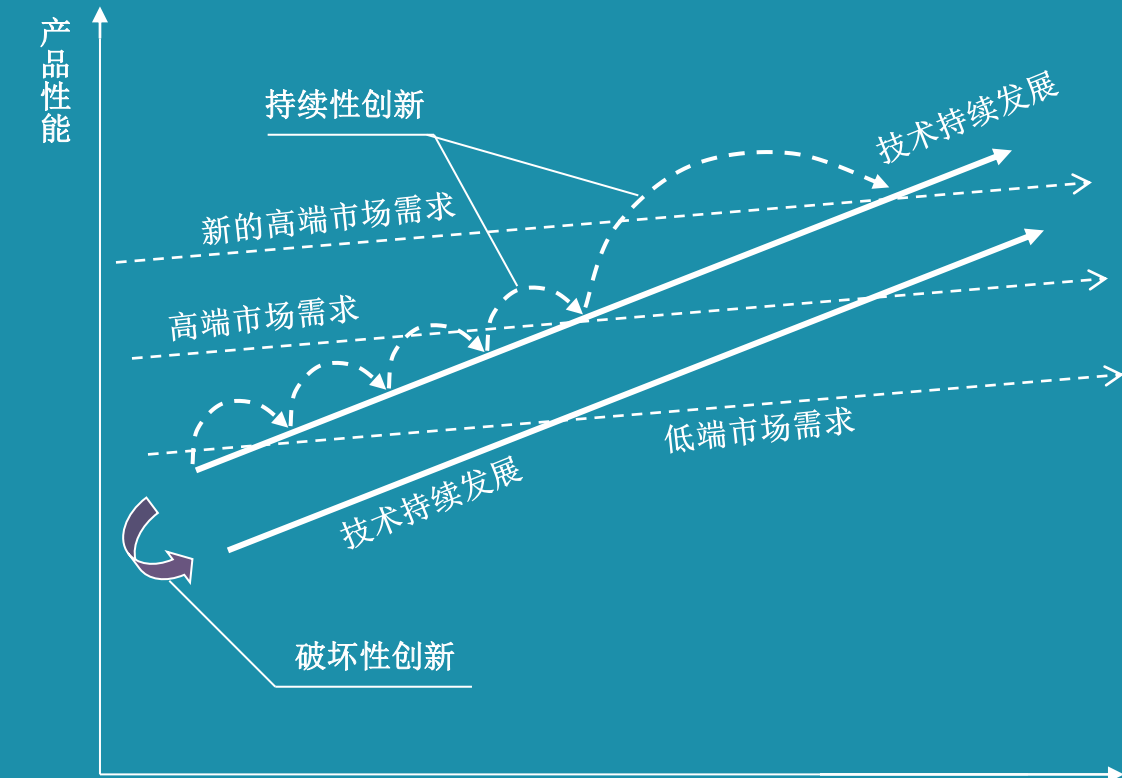
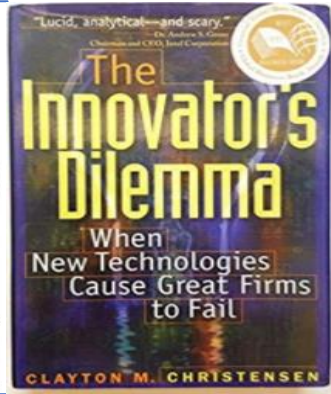
破坏性创新（颠覆性创新）

颠覆性创新之父

克里斯坦森谈创新

克莱顿·克里斯坦森 (Clayton Christensen)
哈佛商学院 Kim B. Clark 管理学教授

2016《哈佛商业评论》最佳公开课
HBR China Super Open Lecture

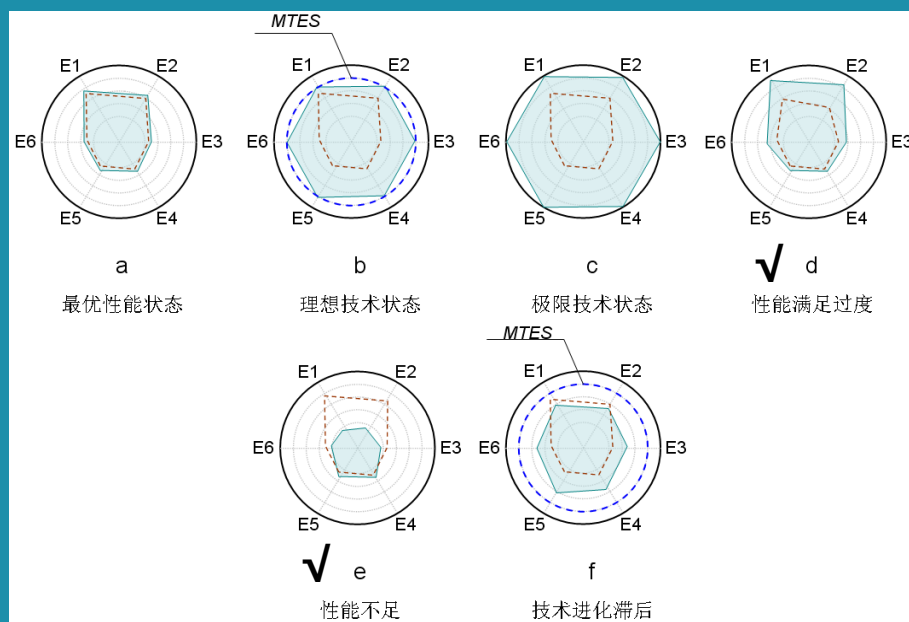


破坏性创新（颠覆性创新）方法：核心是破坏性发明过程

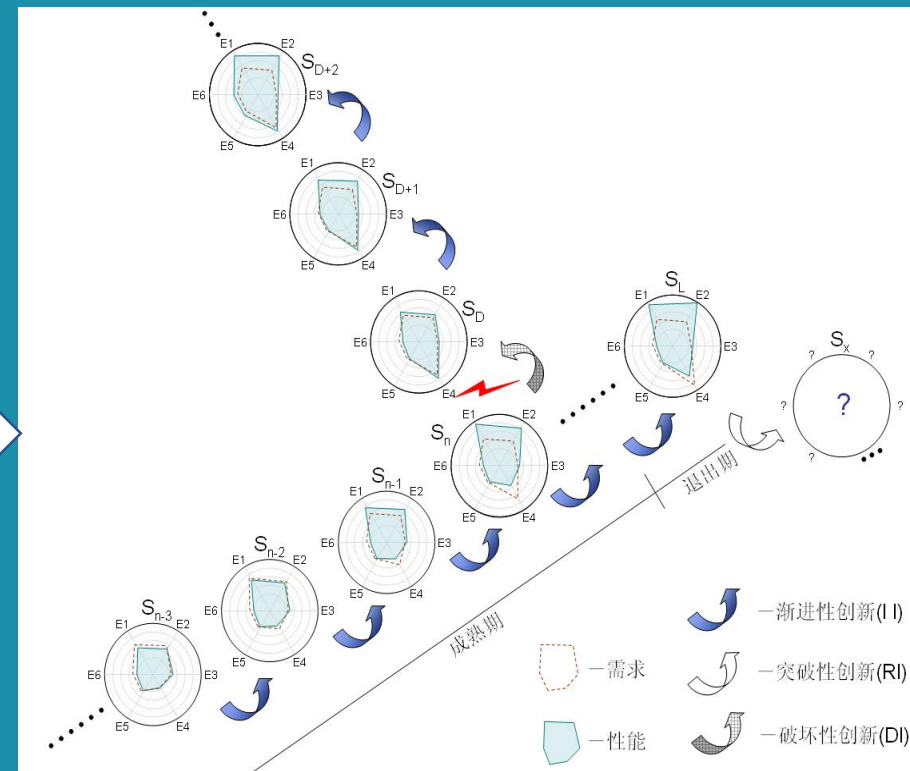


破坏性创新（发明）机理研究

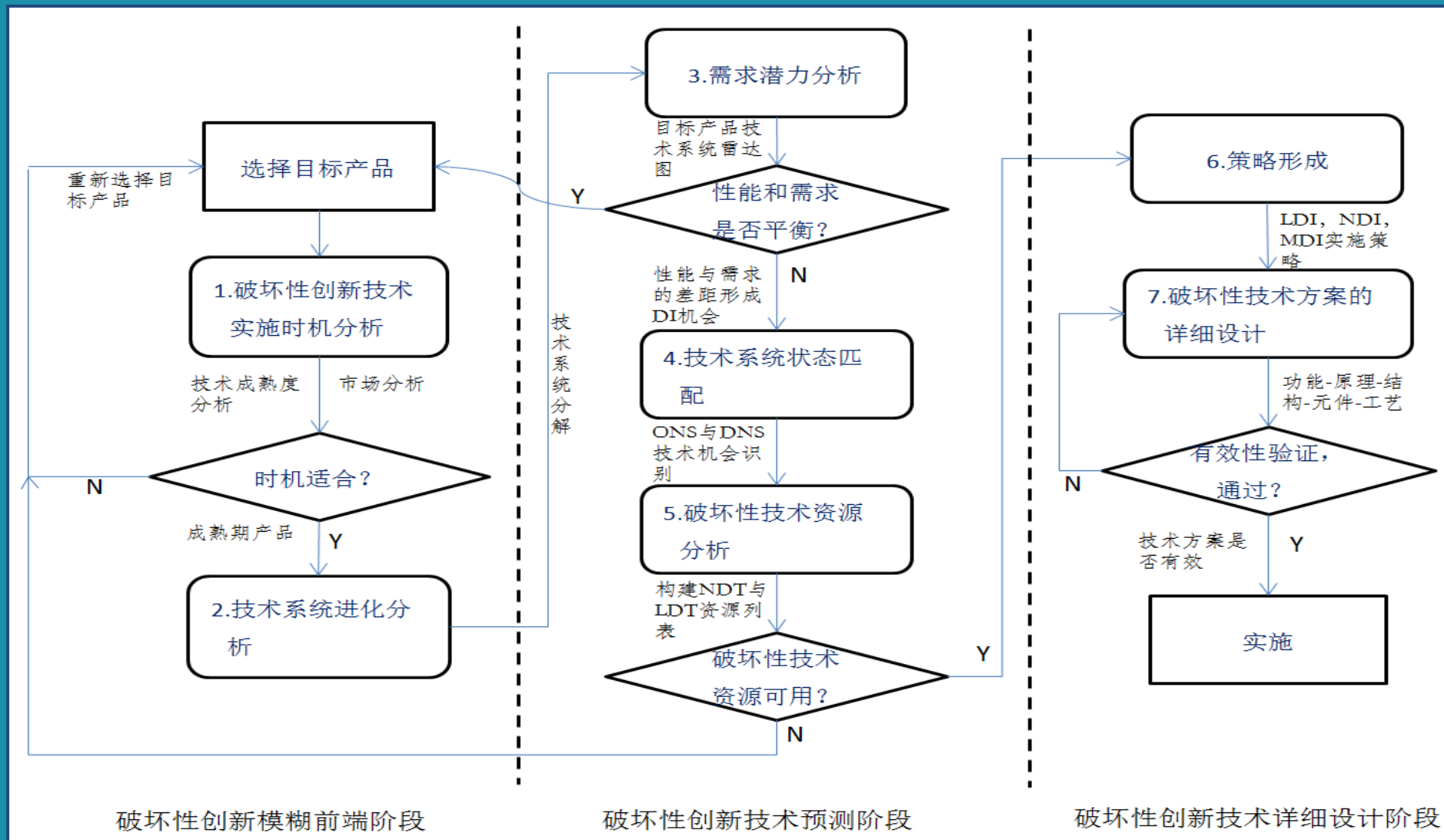
技术系统状态



技术系统创新进化模型



破坏性创新算法——流程



C-TRIZ与TRIZ的区别

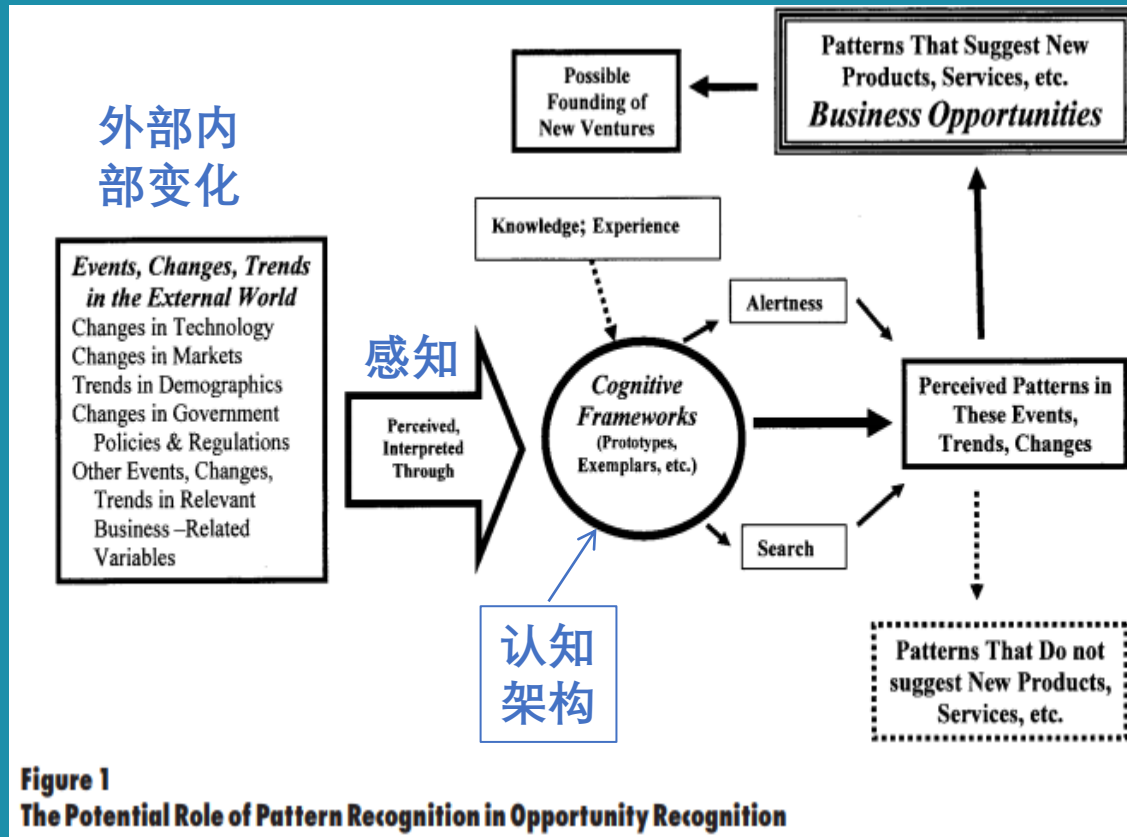


Figure 1
The Potential Role of Pattern Recognition in Opportunity Recognition

从这些事件、趋势、变化中察觉到的模式

企业创新系统

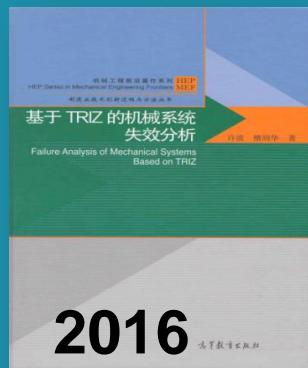
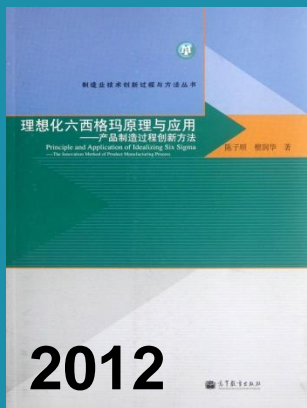
C-TRIZ : Prototype ——
11类发明过程
Exemplars

经典TRIZ : Prototype ——
4类 : 进化、冲突、
标准解、效应、
Exemplars

资料来源 : Robert A. Baron. Opportunity Recognition as Pattern Recognition: How Entrepreneurs “Connect the Dots” to Identify New Business Opportunities. *Academy of Management Perspectives*, 2006

C-TRIZ : 发明过程解决理论——发展历程 (Theory of Inventive Process Solving)

工业界发明与创新的需求



三、技术创新方法向企业转移模式—— 批量“创新工程师-发明”模式

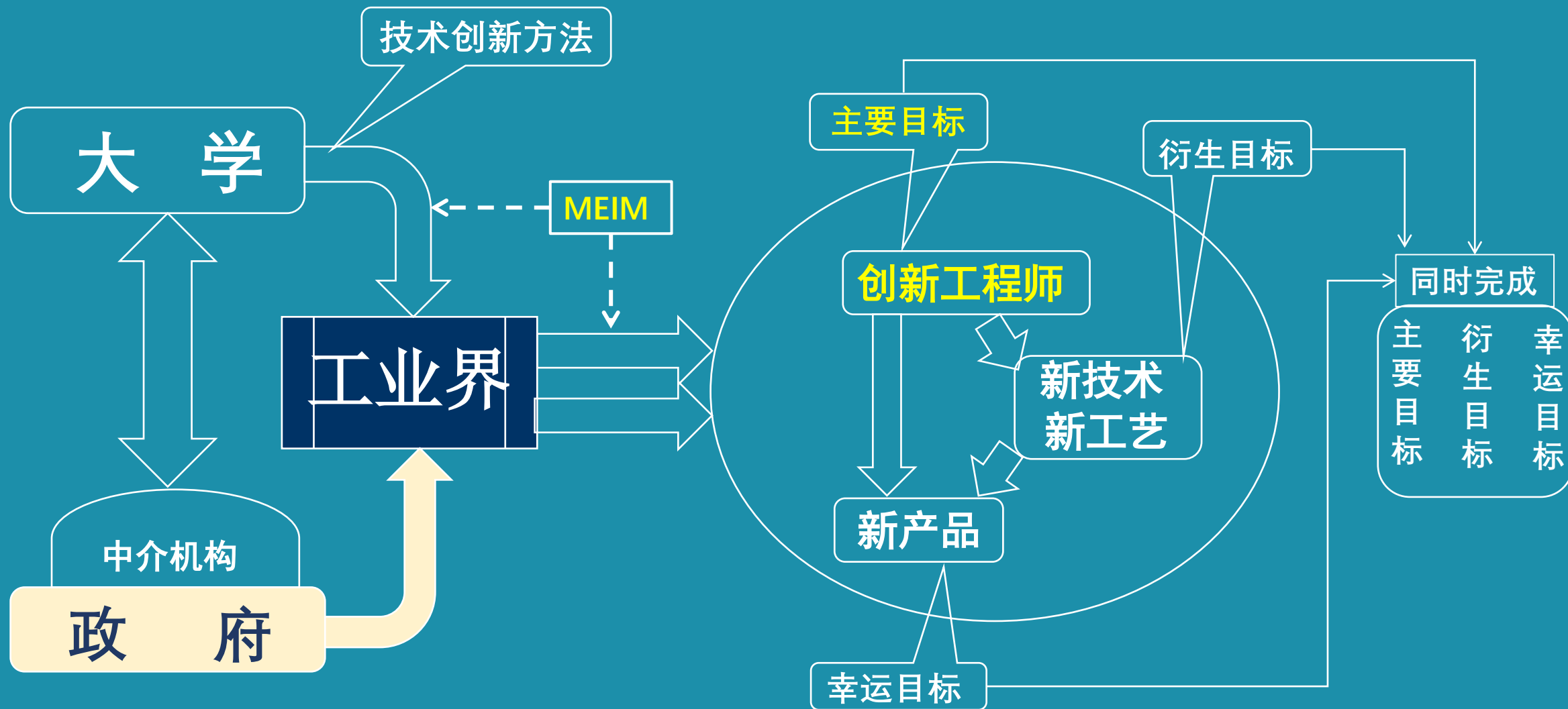
C-TRIZ/TRIZ + 路径 + 模型 + 卓越的操作 = 赋能创新

- 科学技术是第一生产力；
- 工程是直接生产力；
- 工程创新是提高国家科技创新能力的主战场。

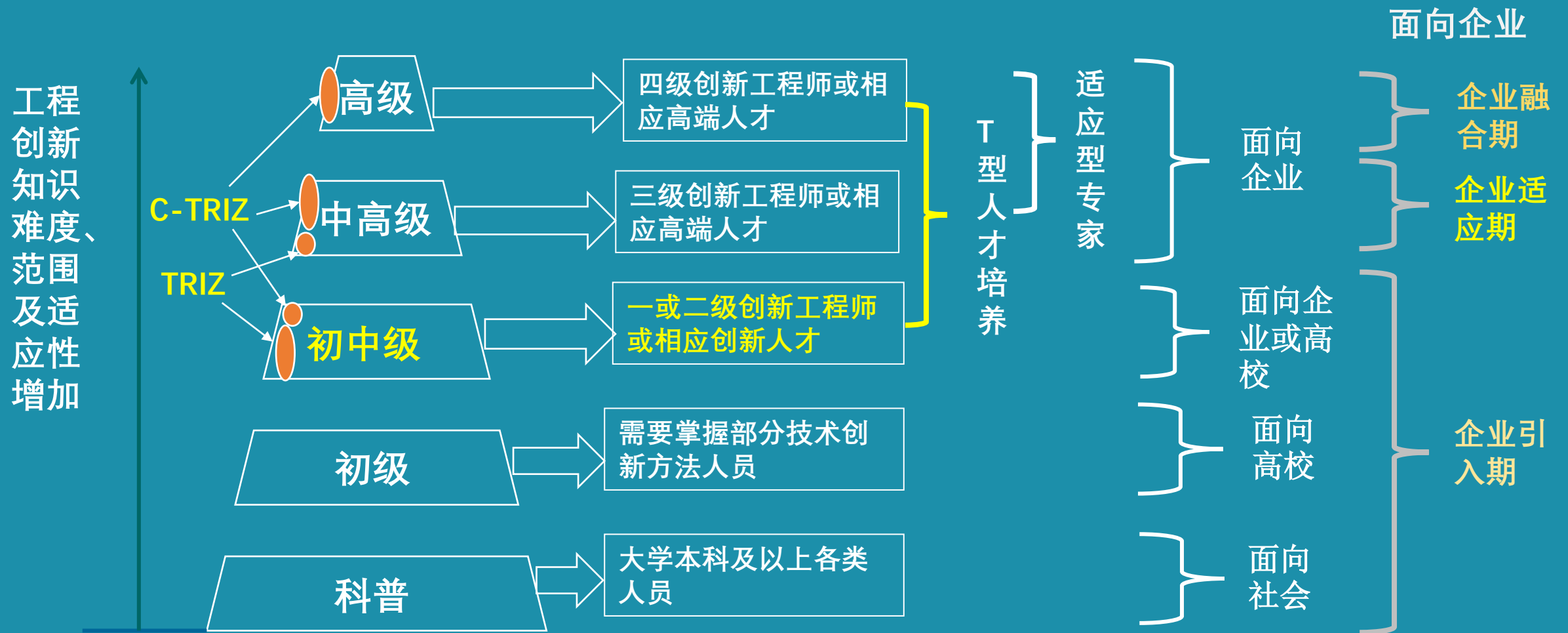
赋能创新的任务：培养创新工程与创新适应性专家

- 创新工程师（T型创新人才）：一类“工程基人才”，担负起把跨科学领域成果应用于工程实践的重任；
- 创新适应性专家：一类“工程基人才”，即向科学研究、又向工程应用方面延伸，引领学科前沿发明及新技术的产业化应用，带动企业、行业，乃至区域甚至全世界的产业升级换代，实现科学技术的最终落地，实现科学技术推动下的创新，即最终创造财富。

企业需要适用的技术创新方法及转移模式



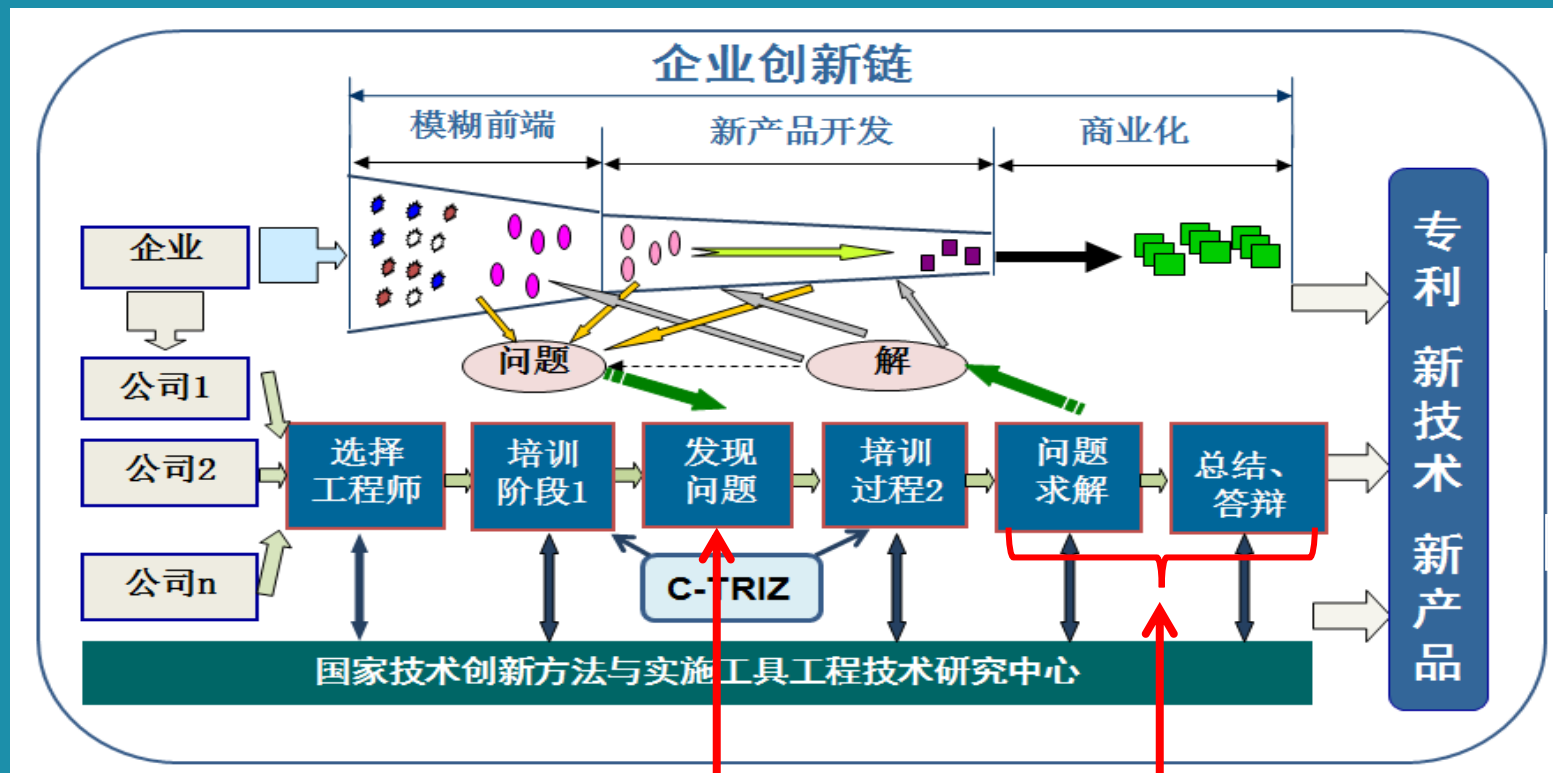
国家中心技术创新方法转移分级体系



面向区域与企业 批量“创新工程师-发明”模型

Mass-engineer-oriented invention model (MEIM)

一期技术转移过程： 时间6-12个月



主要目标：

一批创新工程师

衍生目标：

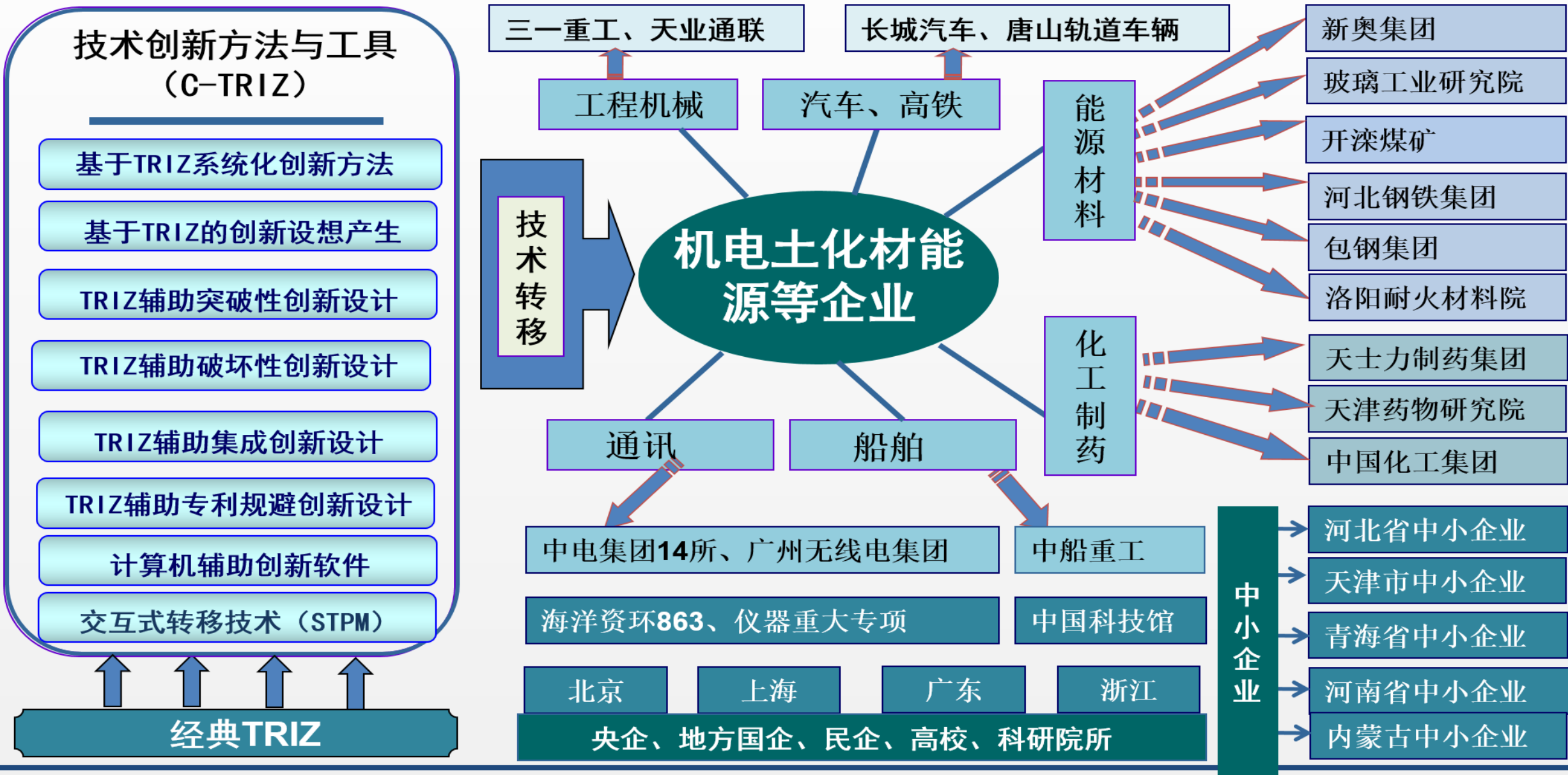
新技术
新工艺

幸运目标：

新产品

计划外项目立项：确认创新情景、发现发明问题、解决发明问题、形成发明！

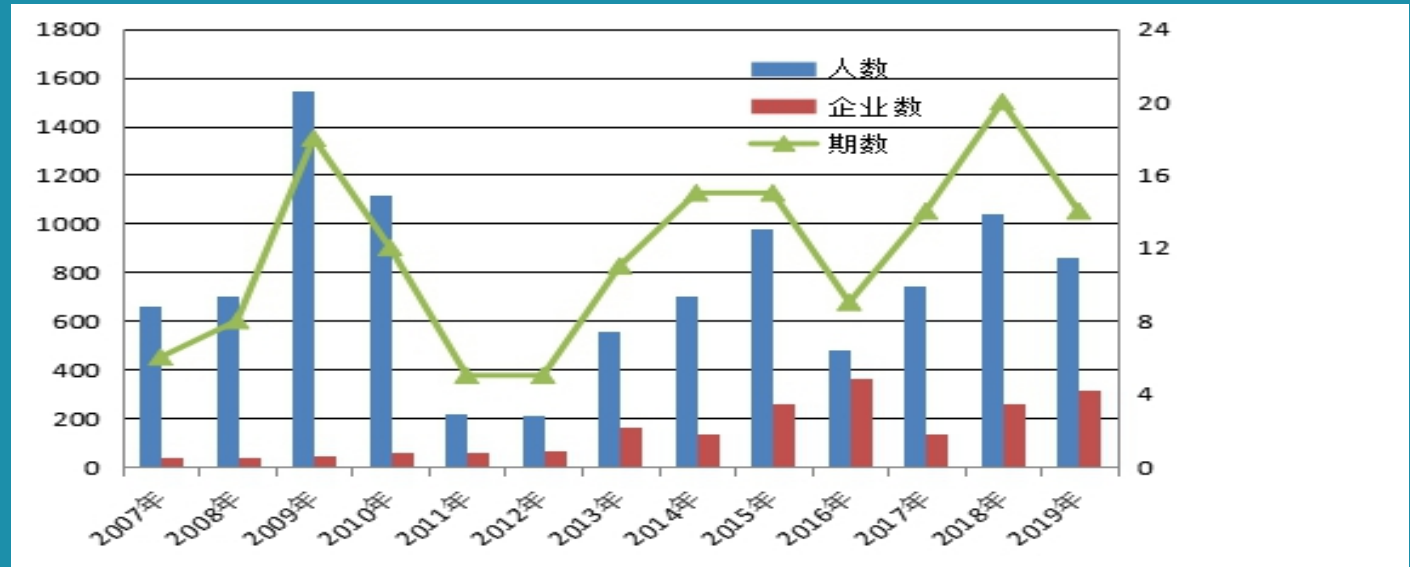
中心已服务于机电土化材能源等工业领域的创新驱动发展



2007-2019 中心推广应用成果总汇

2007-2019年，在国内20多个省市推广C-TRIZ/TRIZ为核心的工程与技术创新方法152期，接受技术转移的企业1933家，参加的工程师9821人。

创新工程师们申请专利2029件，其中发明专利956件，发表论文211篇，技术转移期间产生新产品161件，创造经济效益22.05亿元。



技术转移案例1： 中国船舶重工集团有限公司 （总公司牵头组织共8期）

序号	承办单位	培训对象	起止时间	人数	企业数
1	701所（武汉）	技术人员	2018.5.28-2019.7.26	36	1
2	713所（郑州）	技术人员	2018.4.16-2019.6	43	1
3	大连造船厂（大连）	技术人员	2018.5.14-2019.7.23	52	6
4	725所（洛阳）	技术人员	2018.5.16-2019.6	48	1
5	701所（武汉）	技术人员	2017.4.25-2018.4.24	33	3
6	711所（上海）	技术人员	2017.5.15-2018.8.15	64	6
7	719所（武汉）	技术人员	2017.5.21-2018.8.22	62	8
8	701所（武汉）	技术人员	2015.12.14-2016.12.13	70	3



发证仪式（上海，711所，2018-8-15）



开班仪式（郑州，713所，2018-4-16）

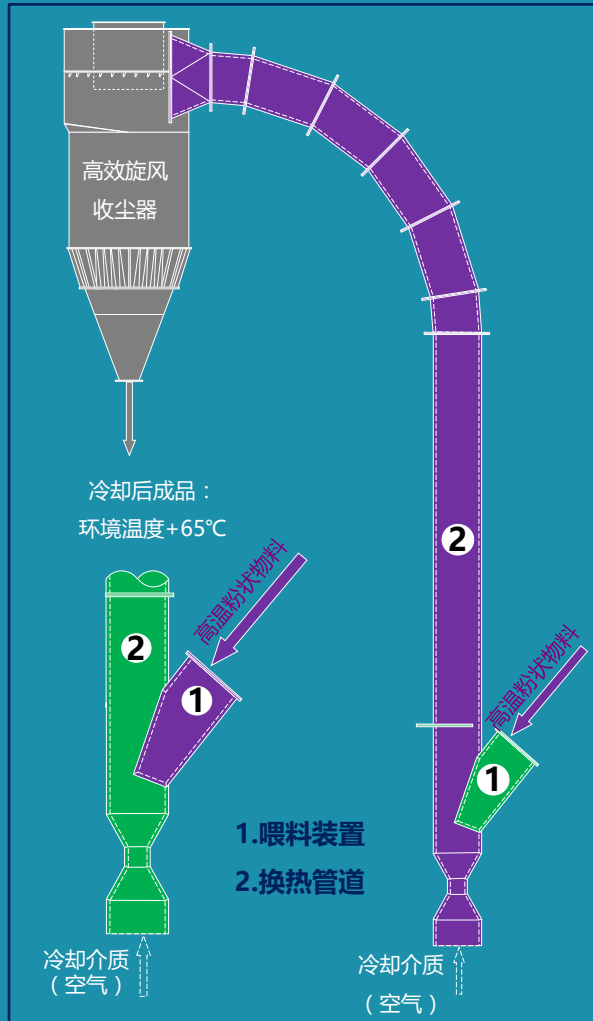


大连造船厂：开班仪式

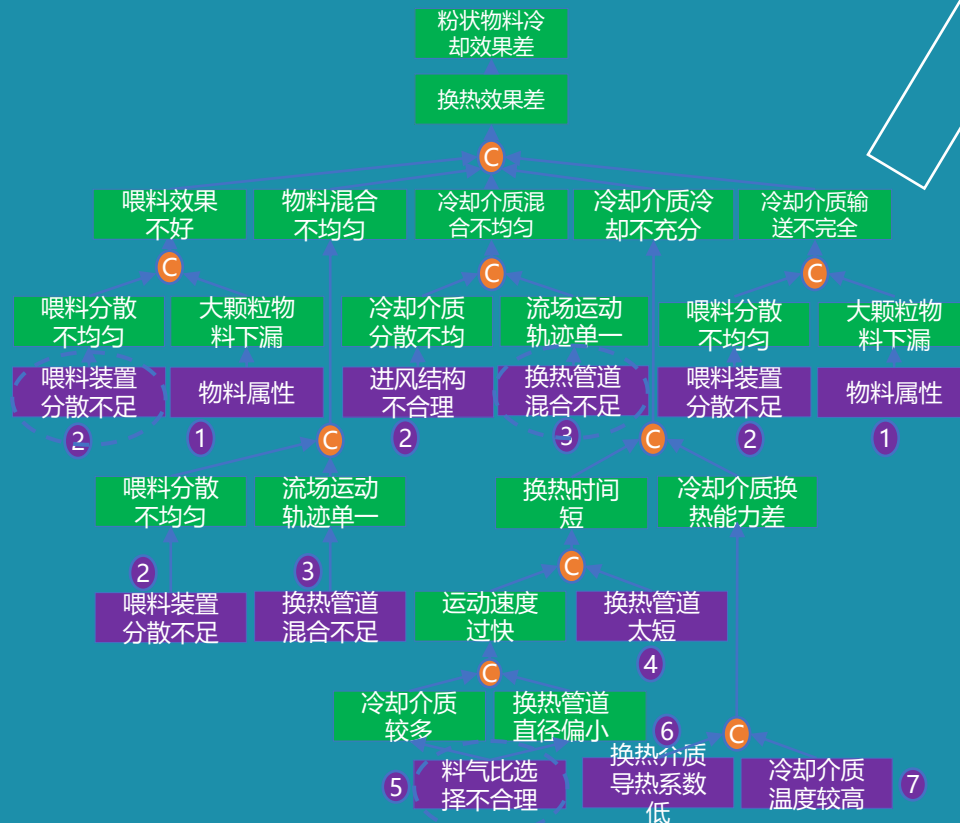
案例2：中信重工案例 （洛阳，2019.6 ——公司组织 中心实施）

解决“高温粉状物料冷却器效果差”的问题

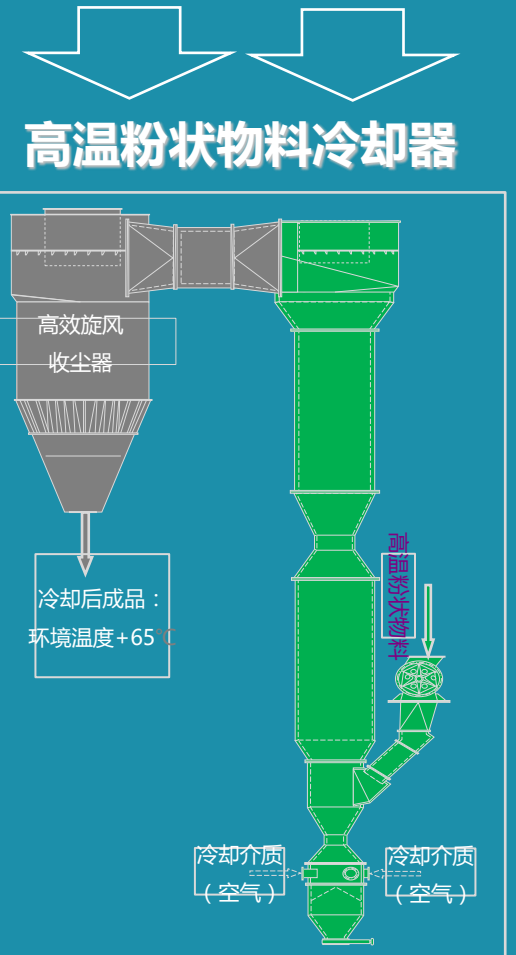
第1代高温粉状物料冷却器



第1代高温粉料冷却器”，并在某国外500t/d石灰生产线得到了应用，但是冷却效果尚待进一步提高。



冲突描述：为了提高喂料装置的“物料分散面积”，我们需要“在喂料装置上增加物料分散装置”，但这样做了会导致喂料装置的结构变复杂。

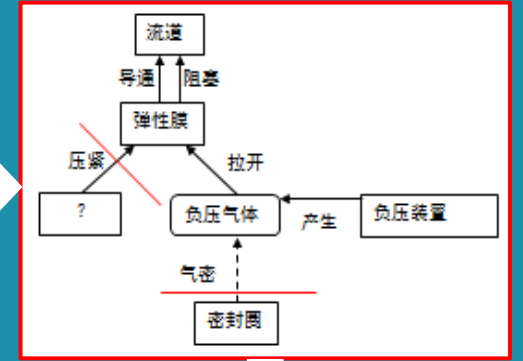
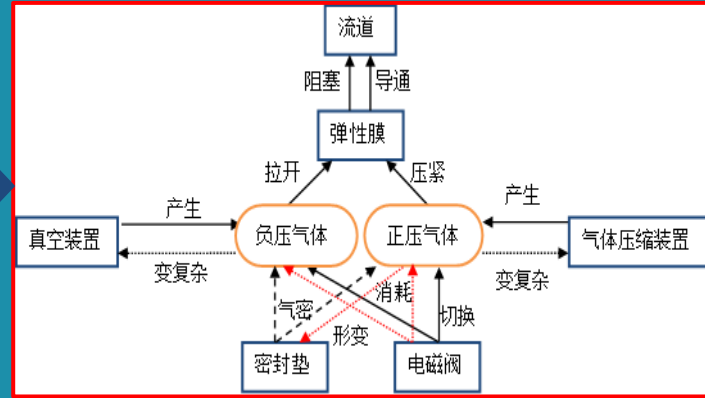
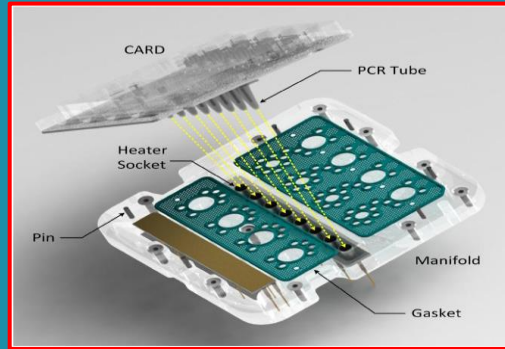


案例3：国家重大科学仪器专项班学员成果

(科技部组织, 本中心实施, 2014.3-2014.11)

学员：XX 课题名称：微流体核酸芯片驱动系统创新设计

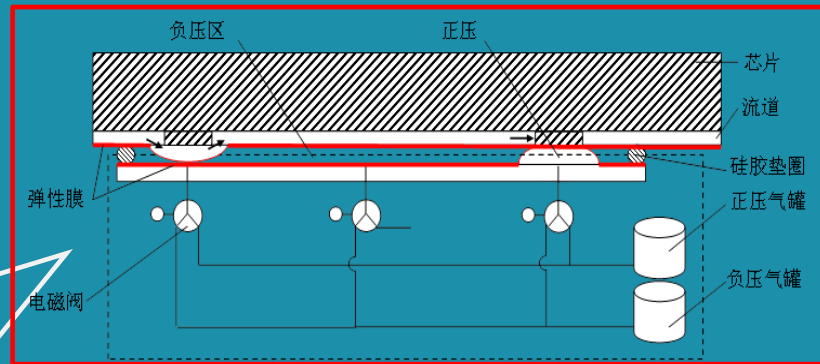
本课题来源于国家重大仪器专项《微膜泵驱动核酸微全分析仪》子任务《多功能微全分析仪开发-仪器整体设计与系统集成》2012YQ09019702-2。传统的核酸检测室生化检测需要实验室进行，通过使用发明原理等创新工具，提高了系统的可靠性，对实验条件的要求大幅降低。



三对技术冲突

为了降低用户使用成本，系统采用将低成本的固定流道结构封装于一次性使用芯片上，复杂、昂贵并可重用的驱动系统置于驱动设备中的技术路线。但是为了实现流体控制和多通道检测需要在芯片上集成大量功能单元和接口，另一方面为了减少芯片和仪器的物理连接，采用了气动驱动方式。分割设计和大量的并行单元及气动接口，导致系统可靠性不足，在使用中经常出现由于功能单元失效导致的系统故障。

最终方案：通过对开关施加预应力，裁剪负压装置，简化气动接口，并采用通过温度变化导致的石蜡体积变化驱动装置，简化了系统构成，提升了系统的可靠性



为什么	答案	微改善工程参数	措施	恶化工程参数	发明原理
可靠性不足	密封垫处频繁漏气				
密封垫处频繁漏气	接口数量多、接口漏气				
接口数量多	功能单元需要独立控制	自动化程度 (38) 适用性及多用途性 (35)	增加接口数量	可变性 (27)	11, 27, 32 35, 13, 8, 24
密封垫处漏气	密封不可靠, 使用气动系统				
密封方式简单	使用方便 工艺限制	可操作性 (33) 装置复杂性 (36)	简化密封链接	物质损失 (23) 能量损失 (22) 结构稳定性 (13) 可靠性 (27)	28, 32, 2, 2 4 9 10, 35, 13, 2 2, 22, 17, 19 12, 26, 1, 3 13, 35, 1 2
气压变换增加漏气风险	对弹性膜施加压力 多通道操作 结构简单	压力或应力 (11) 力 (10) 装置复杂性 (36)	使用气动驱动系统	物体产生有害因素 (31)	2, 33, 27, 18 13, 3, 36, 24 19, 1

实施情况及已取得的效益

本课题成果已实施，平均无故障时间增加-维修成本降低，密封接口数量由原来的上百个减少到1个。失效发生限制在单个芯片范围，增加单元不增加接口。模具成本下降几倍。

专利

- (1) 微流体微阀驱动装置，发明专利，201410415616.5。
- (2) 微流体微阀及驱动装置，发明专利，201410415619.9。

案例4：向华北油田技术转移（第一期2015.5-2015.12 已完成3期技术转移 目前正在进行第4期）

技术转移过程



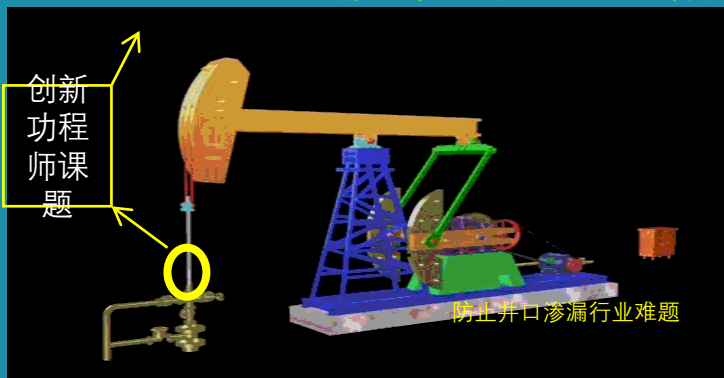
2015.5—2015.12

国家中心技术转移

成果明细：30名学员完成了30项工程课题，并全部通过答辩，其中，21名学员获得二级创新工程师证书，9名学员获得一级创新工程师证书。申报专利32项，其中发明专利16项，实用新型16项，待申报专利5项。为企业创造直接经济效益5500万元/年。



基于C-TRIZ的油井井口新型密封系统关键技术研发

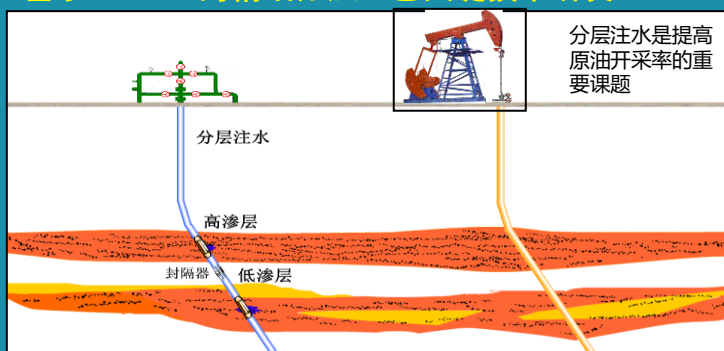


创新工程师课题

防止井口渗漏行业难题



基于C-TRIZ的精细分注工艺关键技术研发



分层注水是提高原油开采率的重要课题

案例：裸眼水平井气水高效运移研究
(工程师：薛占新)

已取得效益或实施情况：氮气泡沫解堵已实施18口井，增气量为15668方/天，年经济效益为15668*0.829*330=425.86万元；巷道采气技术与氮气驱替技术未实施，已在“十三五”国家重大专项立项攻关。

预期效益：以郑北新区8亿方产能为例，实施巷道采气技术后，年产气4.5亿立方米；以樊庄郑庄老区为例，采取氮气驱替技术后，年增气量1.2亿立方米。

国家科技重大专项：大型油气田及煤层气开发

“十三五”国家科技创新规划



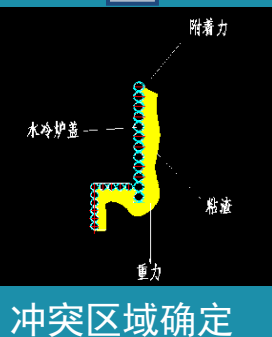
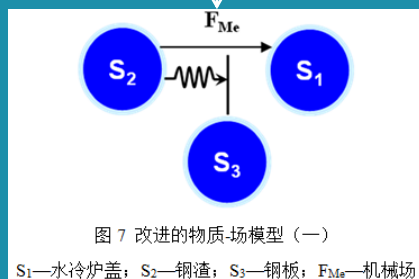
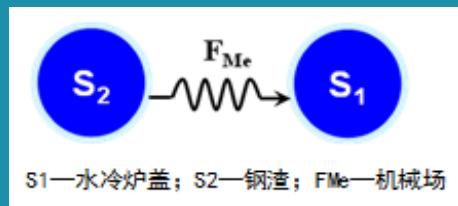
案例5：向河北钢铁集团转移

(河北省科技厅组织, 2014. 8. 20-2015. 3 河北省科技厅每年组织5期以上)

2014年8月20日中心启动河北钢铁集团创新方法技术转移(河北省情报院主办)。
 共有77名工程师完成了工程课题答辩。
 已申报专利80项、其中发明专利36项,
 发表论文2篇, 共有34名学员获得中心颁发的二级工程师证书, 43名学员获得一级工程师证书。

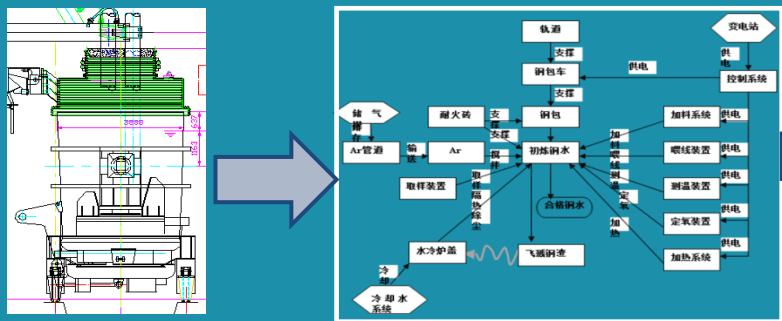
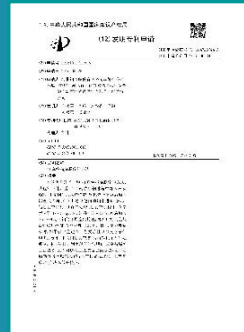
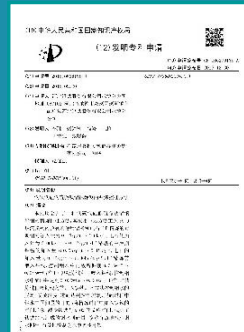
问题: LF炉精炼过程中的造渣、脱硫等阶段需要设定大氩气搅拌钢水, 造成钢渣飞溅, 飞溅的钢渣粘在管式密排结构的水冷炉盖壁上, 当钢渣越积越多时, 在水冷炉盖的下沿周边形成一个渣裙边, 影响钢包车的运行, 停下来清理冷炉盖内的粘渣, 沾渣不好清理, 清理沾渣的时间经常超过调度室给定的清渣时间, 影响了炼钢整条生产线的生产效率。

工程师李玮 课题名称: 处理LF炉水冷炉盖粘渣问题



解决方案: 在原设计的水冷炉盖内, 紧贴其内表面增加一层钢板, 钢水精炼过程中, 造渣脱硫等大氩气量阶段, 钢水表面的钢渣飞溅后粘附在光滑的钢板表面, 光滑的钢板表面大大减少了钢渣的粘结面积, 明显降低了清渣阻力。

实施情况及已取得效益:
 采用改进后的清理方法后避免了常规的清渣方法每次清渣延迟的2小时, 2小时可以多产钢3炉钢, 150t转炉的单炉产量为165t, 一年可因缩短清渣时间而多产钢 $365 \times 24 \times 60 / (2.5 \times 12 \times 39 + 2 \times 60) \times 3 \times 165 = 201684$ 吨 ≈ 20.2 万吨。按每吨钢创效40元计算, 则采用改进后的清理方法后可创效 $20.2 \times 40 = 808$ 万元。
 专利:
 1 RH真空精炼脱硫的方法, 发明专利, 201510127125.5。
 2 低碳低硅低硫微钛铝镇静钢的精炼控规方法, 发明专利, 201510636195.3。



案例6：河北冀衡集团药业公司成果

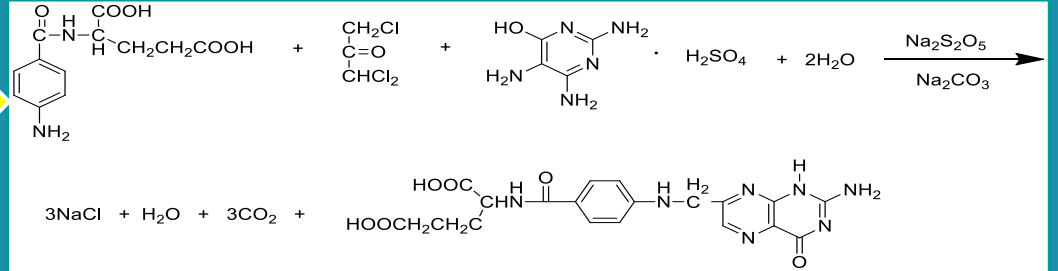
(河北省科技厅组织，2015年度。 每年河北省科技厅组织5期以上)

题目之一：解决三氯丙酮提纯过程产生大量污水的问题

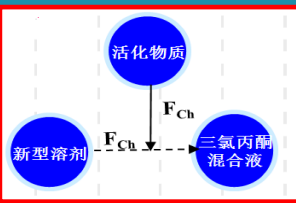
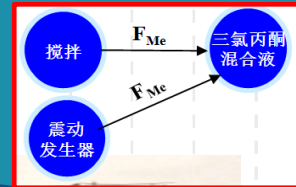
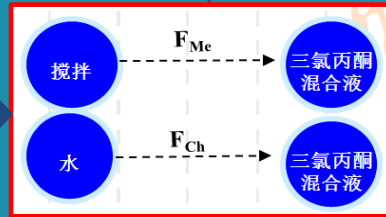
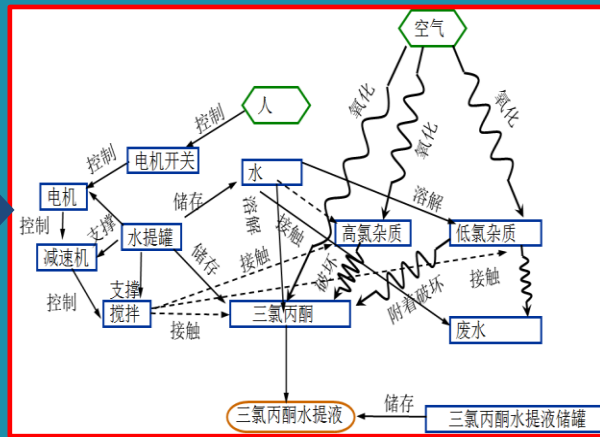
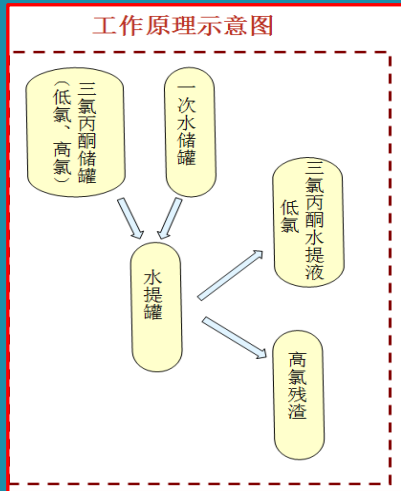
成果简介：河北冀衡（集团）药业有限公司2015年度派4人参加了省科技厅组织的2次创新方法技术转移。运用TRIZ中40条发明原理及76个标准解等创新方法，解决了企业研发中的实际难题。到2015年10月，申请3项专利，取得了较好的经济效益。

问题描述：叶酸粗品反应就是氨一（对氨基苯甲酰-L-谷氨酸）、氨二（2,4,5-三氨基-6-羟基嘧啶硫酸盐）、三氯丙酮在一定反应条件下进行成环反应，三氯丙酮作为叶酸粗品的主要原料之一，其质量的稳定性对叶酸质量有着十分重要的影响。

叶酸粗品制备反应方程式



第2类：改进物质-场
第5类：简化与改进的策略

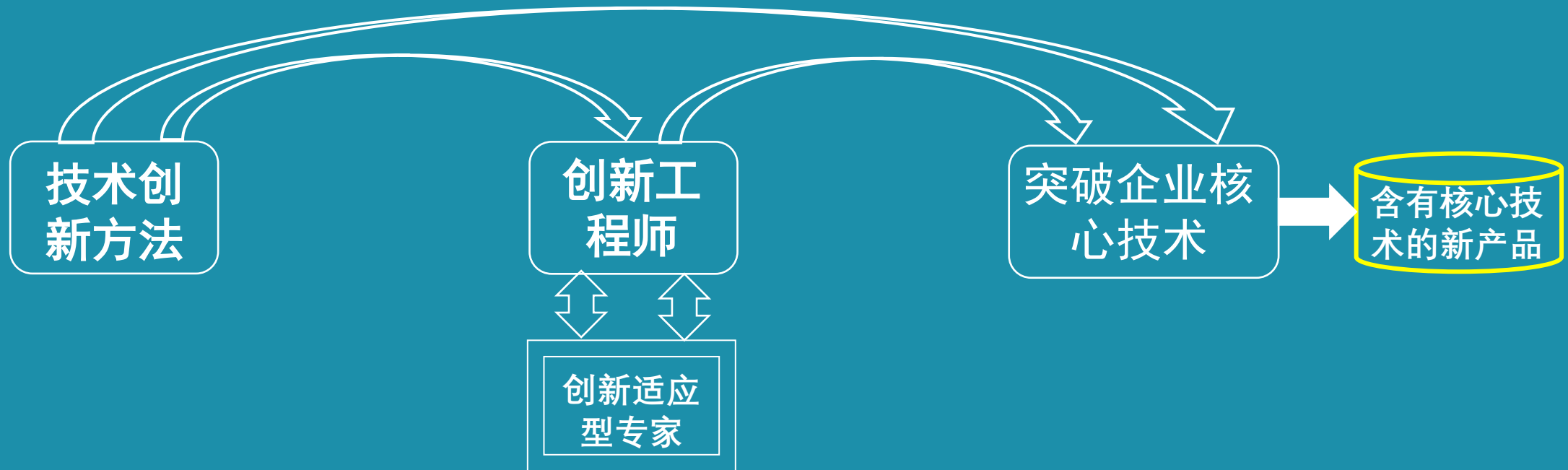


原理解：将原料三氯丙酮、水、石油醚按体积比5:1:5打入反应釜中，常温下在反应釜中搅拌20min，然后通冷盐水缓慢降温至0℃，维持在0℃搅拌2h，过滤得三氯丙酮结晶，其含量在92%以上。滤液用蒸汽加热蒸馏，馏出物经冷凝器冷凝，作为馏出溶剂回收利用。

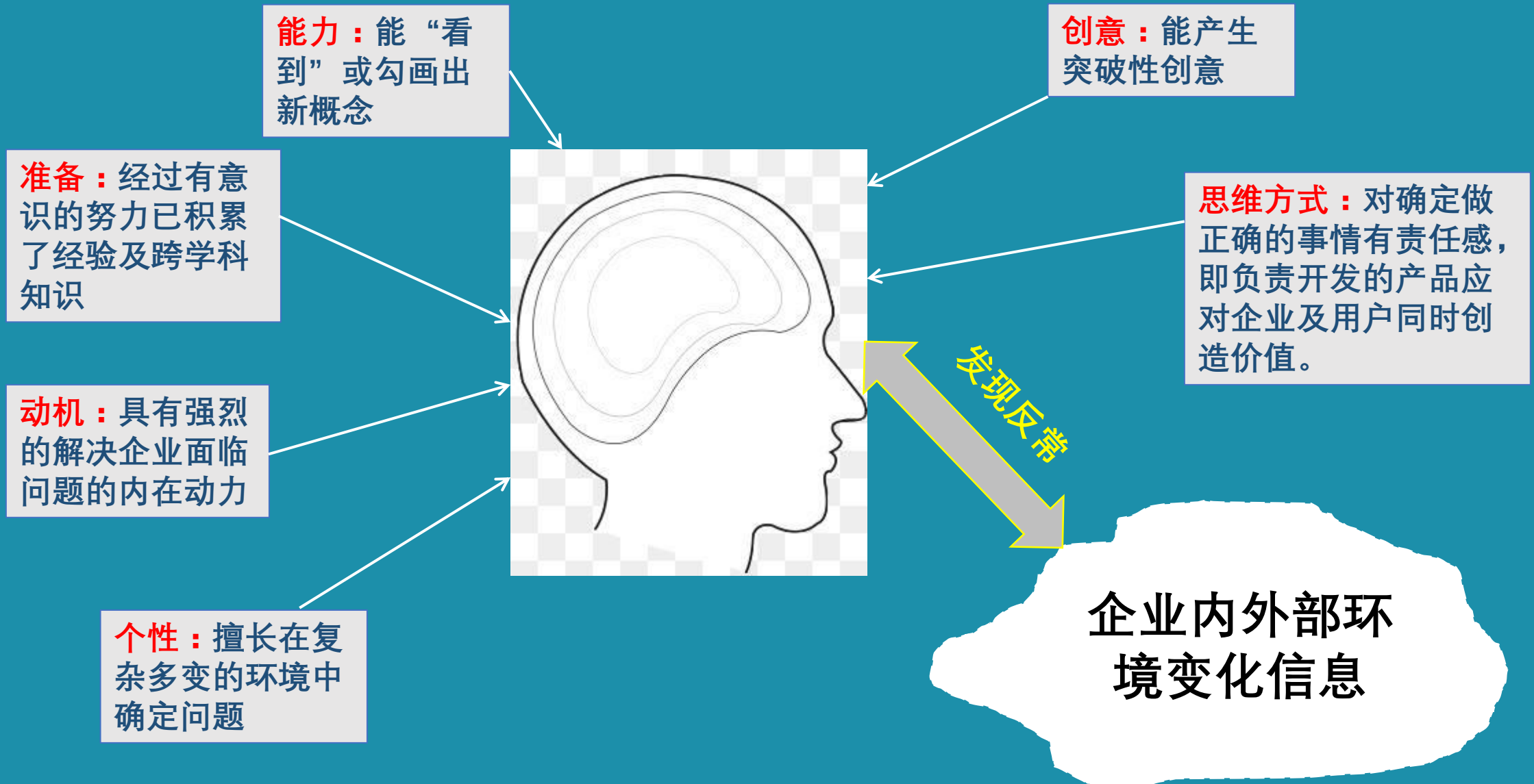
年经济效益 (74800 + 44762.4) * 12月 = 1434748.8元

四. 小结

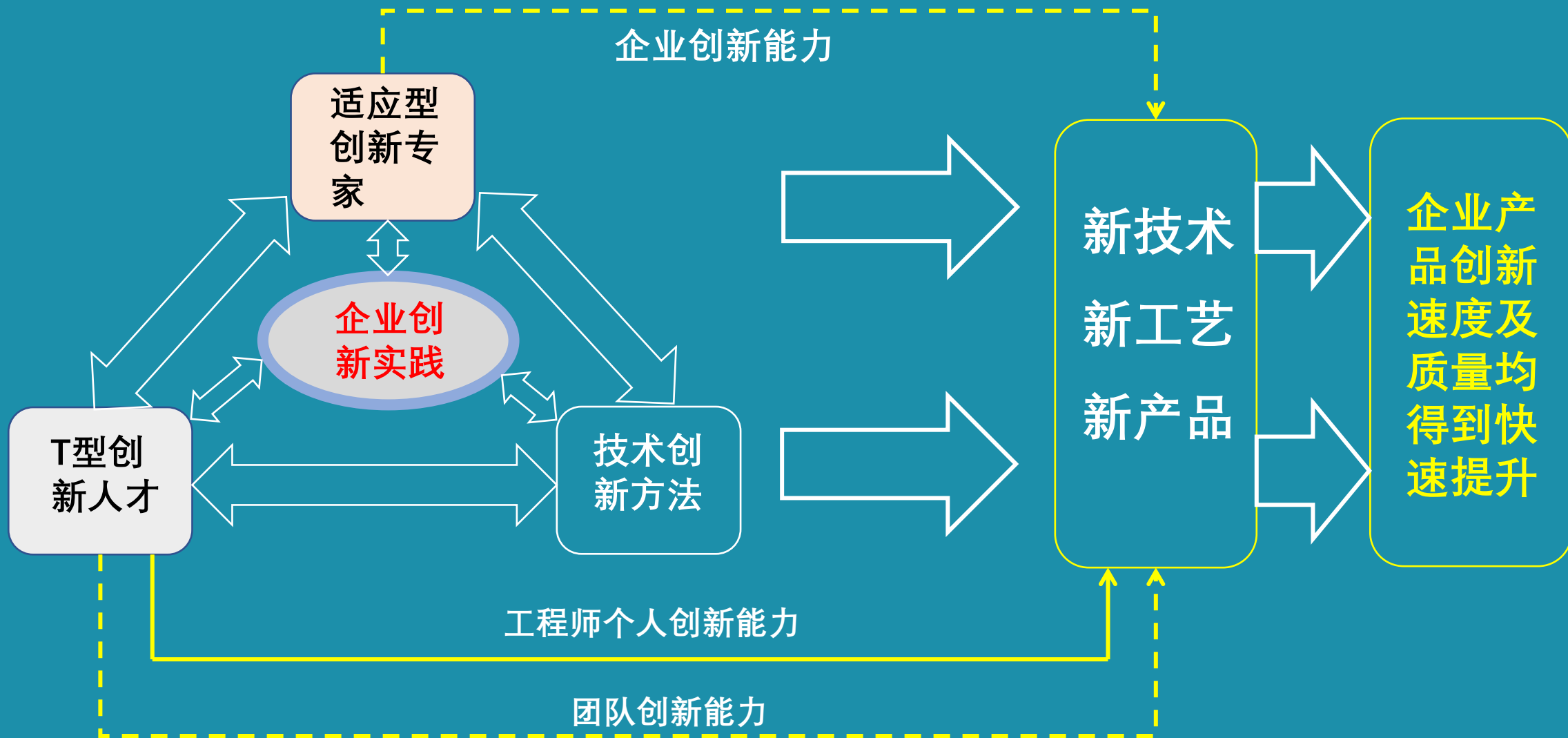
创新工程师——我国企业急需的“T”型创新人才



创新工程师特点：个人综合能力提升的6个方面



学习应用技术创新方法是企业快速提升产品创新能力的有效路径



谢谢!

檀润华

手机: 13602011109 rhtan@hebut.edu.cn

<http://www.triz.com.cn> <http://triz.hebut.edu.cn>

国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心
河北工业大学