

学习应用创新方法 突破企业核心技术障碍

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

要重视创新方法，方法应该成为我们从知识转化为能力、从能力转化为价值的一个基本功。

刘燕华：如何给创新一个机会？

央视：中国经济大讲堂，2020，2，22

创新方法：揭示创新及过程内在规律的工具、手段和跨学科知识的总称。

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——TRIZ/C-TRIZ：技术创新方法

三、技术创新方法转移模式——批量“创新工程师-发明”模式

四、小结

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

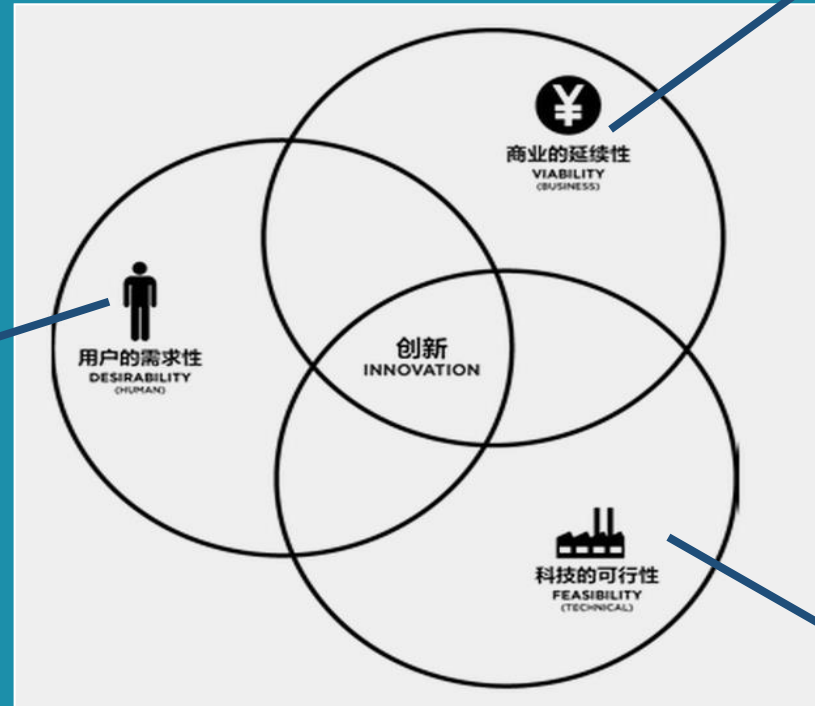


紧密组合型项目——产品



成功的产品：突破已有平衡的结果

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)

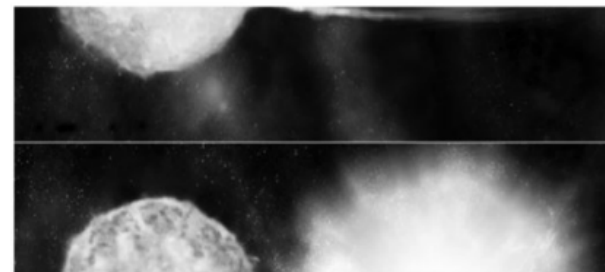
- 我们具有需要的即适当的能力吗？
- 假如没有，我们能够通过内部实现、租用或从合作伙伴处获得这些技术能力吗？
- 对于该项，如何使新的技术能力建构在目前的系统之上或成为更广泛平台的一部分？

美国科学家帕尔马特、澳大利亚科学家施密特和美国科学家黎斯获得2011年诺贝尔物理学奖



科学新发现中的冲突

朱长超



通过观测超新星爆发，科学家发现宇宙正在加速膨胀

今年的诺贝尔物理学奖授予了美国科学家索尔·珀尔马特、亚当·里斯和澳大利亚科学家布莱恩·施密特。这三位天体物理学家发现了宇宙膨胀在加速；今年的化学奖奖给了以色列科学家丹尼尔·舍特曼，他发现了非周期不重复的准晶体。

这两项科学成就，都与已有的科学理论相冲突。大爆炸宇宙学认为，发生在137亿年前的一次宇宙大爆炸是宇宙的起点。这一学说认为，大爆炸发生后，宇宙不断膨胀，温度不断下降，膨胀不断减速。宇宙微波背景辐射（3K背景辐射）和红移的发现，为这一学说提供了证据。人们据此认为，宇宙的膨胀在不断地减速，总有一天可能会停止。但是，美国科学家珀尔马特等对超新星的观测发现，宇宙的膨胀不仅没有减速，而且在加速。这个结论与主流科学结论是矛盾的，许多科学家不以为然，甚至珀尔马特自己在获得观测结果时也是一度感到大失所望，原本他们是想通过观测找到宇宙膨胀不断减速的证据的。

今年诺贝尔化学奖的获奖成就准晶体的发现，也与主流科学结论不一。主流晶体学认为，晶体是严格对称、有序的周期性排列。这个结论得到了大量晶体研究的证明。但是，舍特曼的研究却表明，晶体中存在着一种非周期性的、不重复的对称有序方式，这种晶体就是准晶体。

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。

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

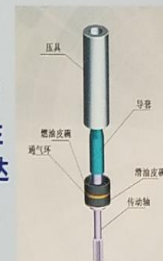
(1) 应用“科学效应知识库”得到9个创新方案。
(2) 应用“流分析”以有害流-闸前水头为突破口,根据“18个措施”得到5个创新方案。
(3) 基于系统内、外部资源及6类“资源分析”得到4个创新方案。
(4) 根据“功能模型分析”找到两个主要“物理矛盾”:闸前水头深浅和闸门面积大小,通过“分离原理”得到2个创新方案,通过“改进问题物-场模型”,应用“76个标准解”得到5个创新方案。
(5) 通过“因果分析法”找到三对“技术矛盾”,依据“40个发明原理”得到6个创新方案。

降低某型飞机发动机主燃油泵余油管漏油超标故障率

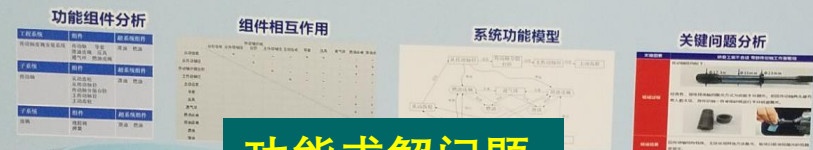
中国人民解放军第五七一三工厂

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%。



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

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;通过改进编码器位置,降低了编码器与定子绕组的温升,提高了功率密度;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

2019中国创新方法大赛 案例

中国创新方法大赛
China Innovation
Methods Competition
四川赛区

复合材料蜂窝夹芯翼面构件的制造工艺研究
成都飞机工业(集团)有限责任公司

2019
中国创新方法大赛
China Innovation
Methods Competition
湖南赛区

基于 TRIZ 解决烟气脱硫废水悬浮物不达标的问题
中国石化长岭分公司

安徽赛区

基于 TRIZ 理论改进铁路道口封闭系统
马钢(集团)控股有限公司

2019
中国创新方法大赛
China Innovation
Methods Competition
广东赛区

适应超高温环境的变频外机平台开发
珠海格力电器股份有限公司

辽宁赛区

铁水脱硫——扒渣系统革新
鞍钢集团钢铁研究院

内蒙古赛区

实现 FAST(中国天眼)中心孔五块反射面板快速收放
中国航天科工集团第六研究院四十六所

2019
中国创新方法大赛
China Innovation
Methods Competition
辽宁赛区

解决大型 MCO 压缩机转子同步热失稳问题
沈阳鼓风机集团股份有限公司

甘肃赛区

航天器固面天线刻蚀加工难题 -- 高精度、大尺寸、无损伤
兰州空间技术物理研究所

China Innovation
Methods Competition
河北赛区

基于视觉光感技术的高铁车窗智能检测系统
中车唐山机车车辆有限公司

飞机设计案例 ——图114

(图波列夫设计局的前身是苏联中央流体动力研究院设计局, 1925年成立, 创始人是安德列·尼古拉耶维奇·图波列夫)

生产公司 图波列夫公司

首次飞行 1957/11/15

退役 1991



安德列·尼古拉耶维奇·图波列夫



问题背景：

上个世纪50年代, A.N.Tupolev 承担了一个设计任务: 开发一种170座的加长客机, 其所用多台发动机总输出为50 ths. Hsp. 当时苏联TV-2发动机仅为6 ths. hsp..

表层冲突： 如何选择与布置发动机?
(What can be done?)



隐身战斗机 吸波涂层应用中的冲突

现代隐身飞机能通过特别隐身外形和机身吸波涂层来避免雷达探测，但却无法掩盖自身的热辐射。实际上由于吸波涂层的存在，隐身飞机的热辐射特征甚至高于普通飞机，这是因为吸波涂层的原理基本上是把吸收的雷达波转换成热量散发掉，这虽然降低了飞机的雷达可见性，却提高了机身蒙皮的温度，飞机更容易被现代长波红外传感器从远距离发现。

歼20



苏57



F22



F35



雪崩救人装置开发

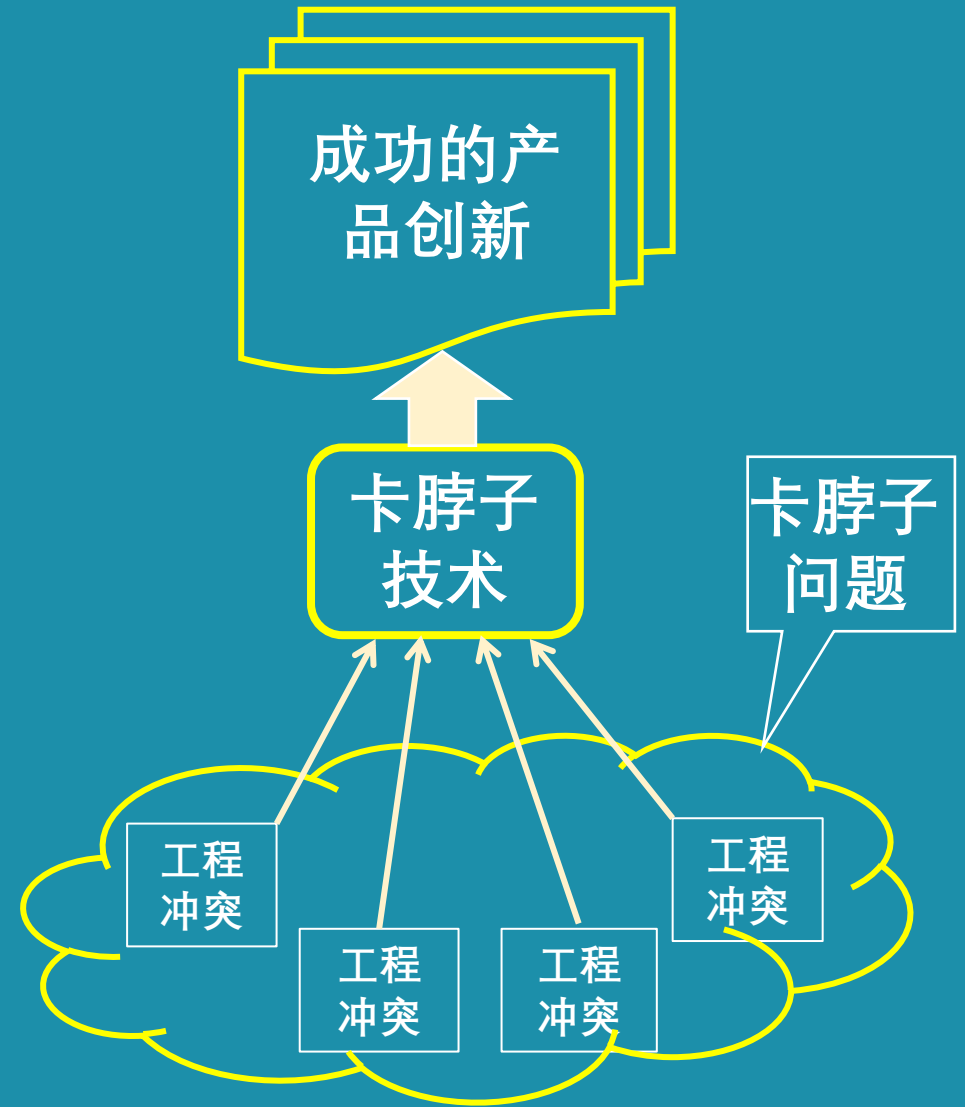
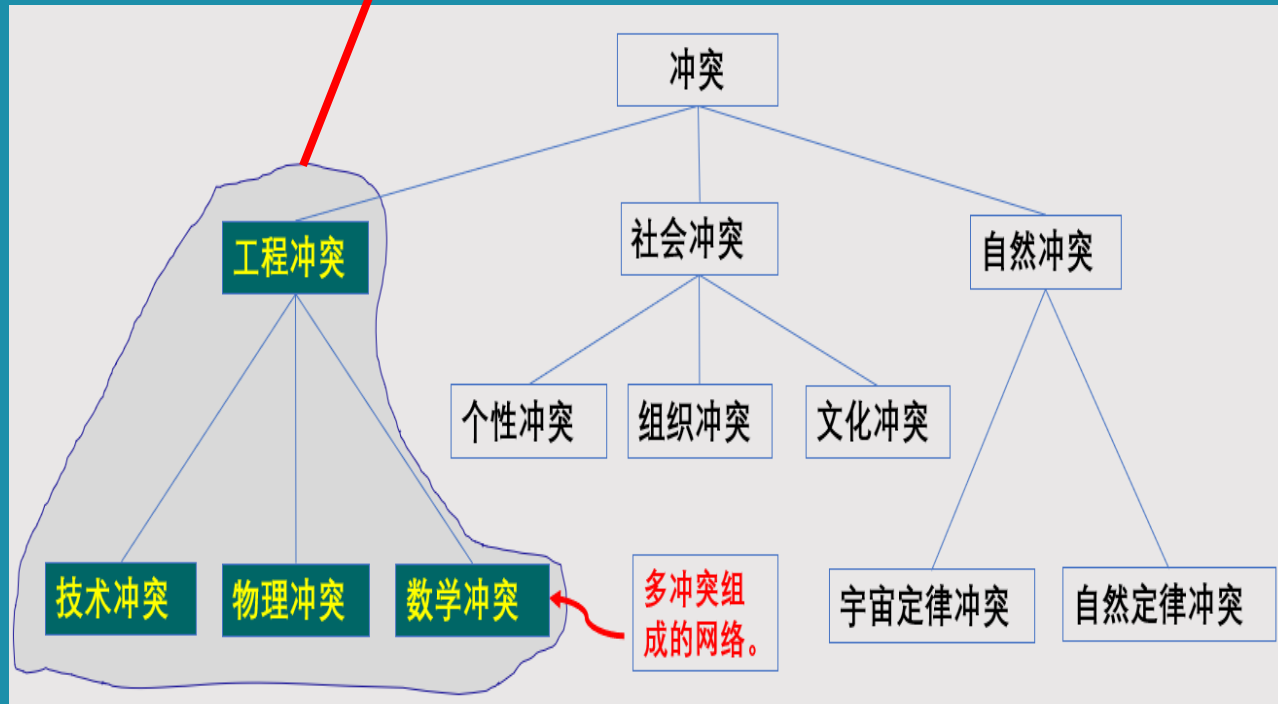
在雪崩之处寻找被埋在下面的人是很困难的事。为此，已开发很多激发装置，如一种专用发射机可以在被埋之处发出信号。但所有这些装置在真实雪崩的条件下都不能正常工作。首先，几乎没有人愿意携带这样的装置以备万一。第二所用电池很快会消耗完其电容量，即便是需要时打开电源开关，但突发事件来临时很难操作。

如何处理该问题？

(What can be done?)。



主要观点：工程冲突的确认和解决成为工程创新成功的一类重大需求



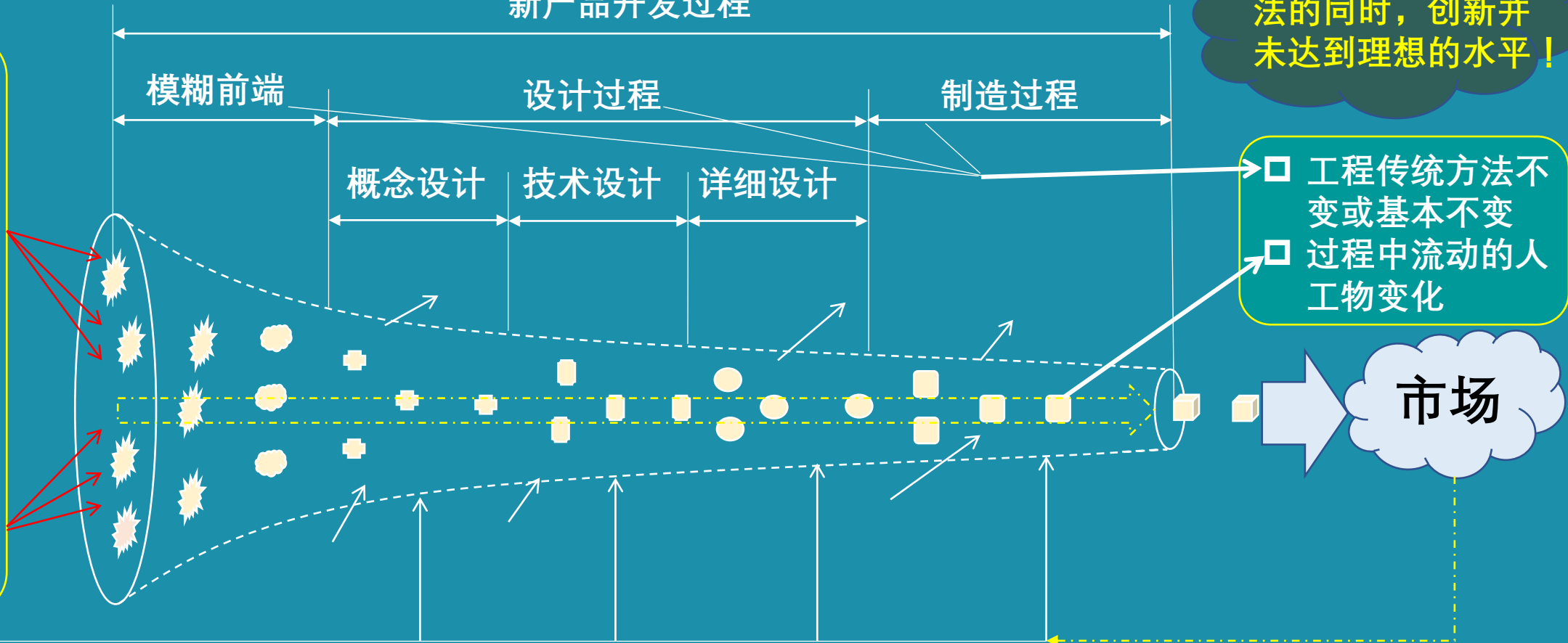
企业产品开发过程模型：工程传统方法

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

新产品开发过程



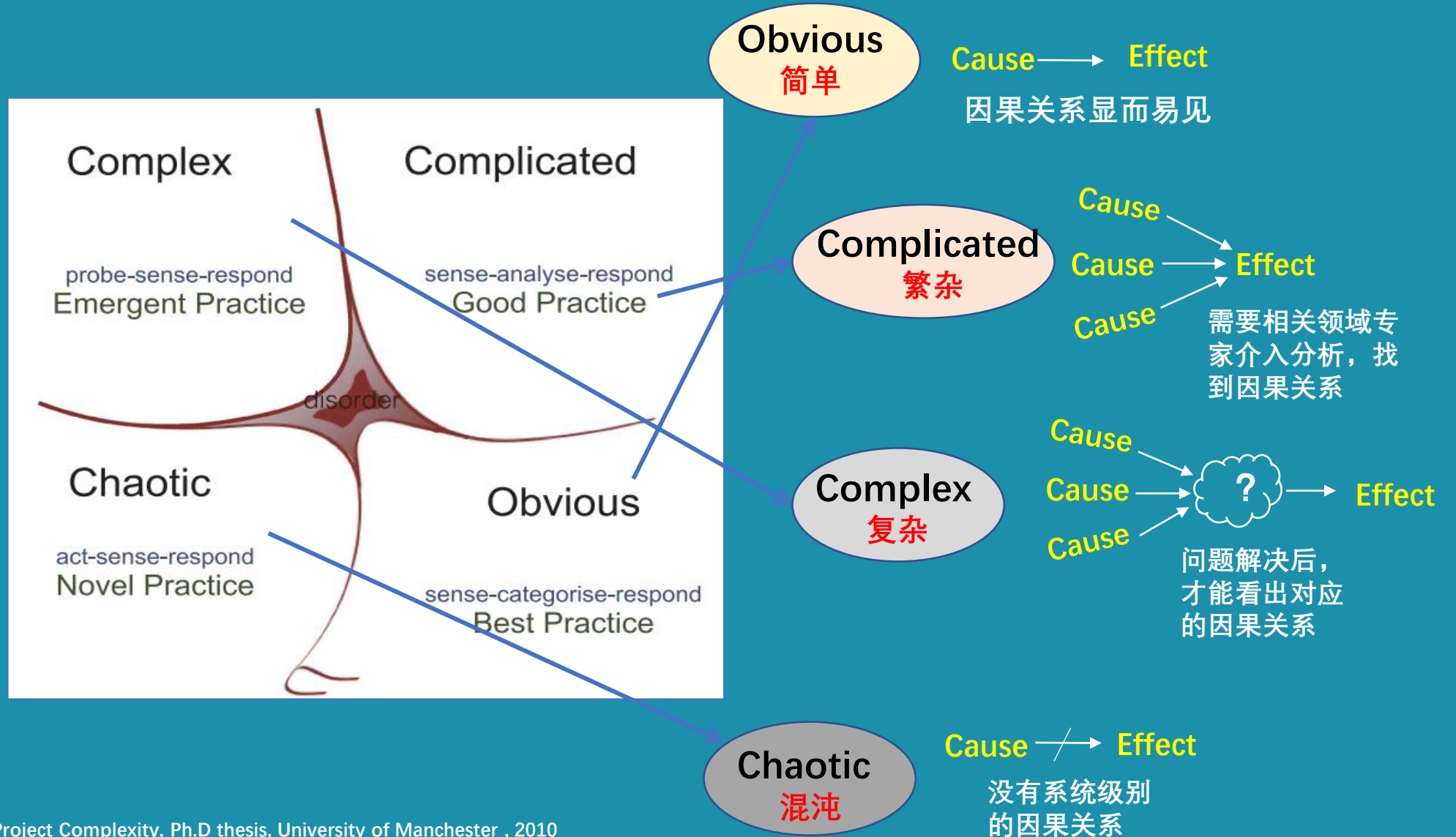
在保持工程传统方法的同时，创新并未达到理想的水平！

- 工程传统方法不变或基本不变
- 过程中流动的人工物变化

市场

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

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”。

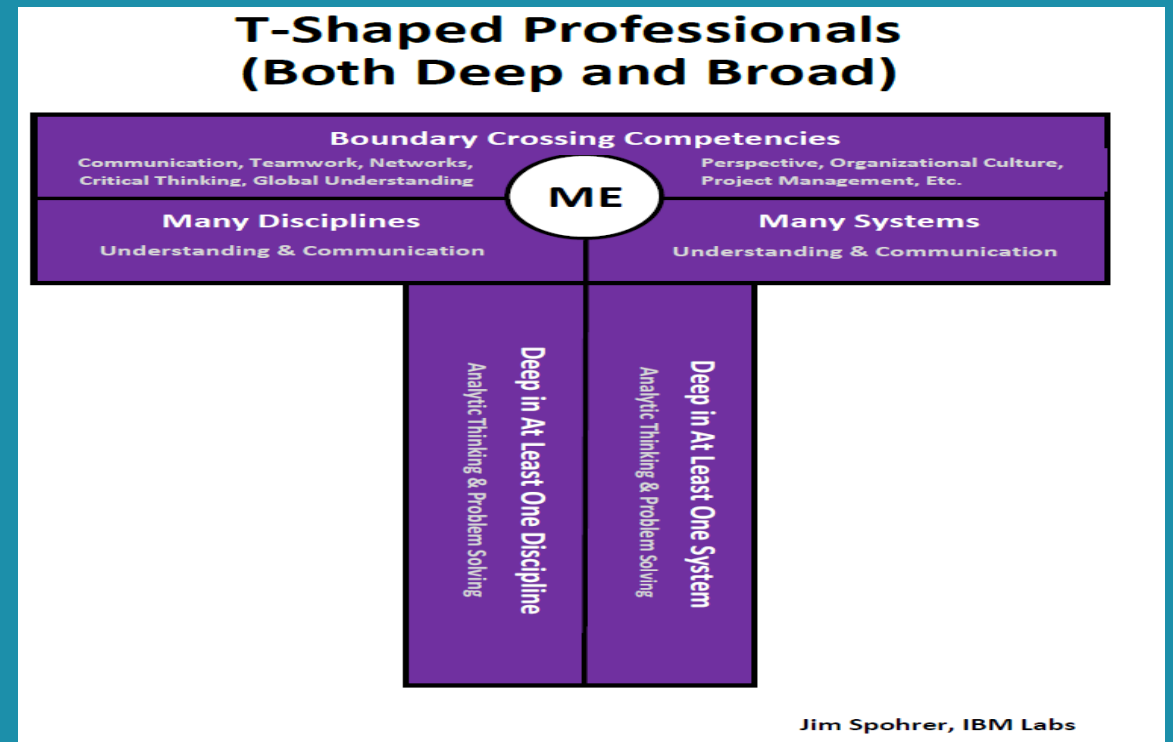
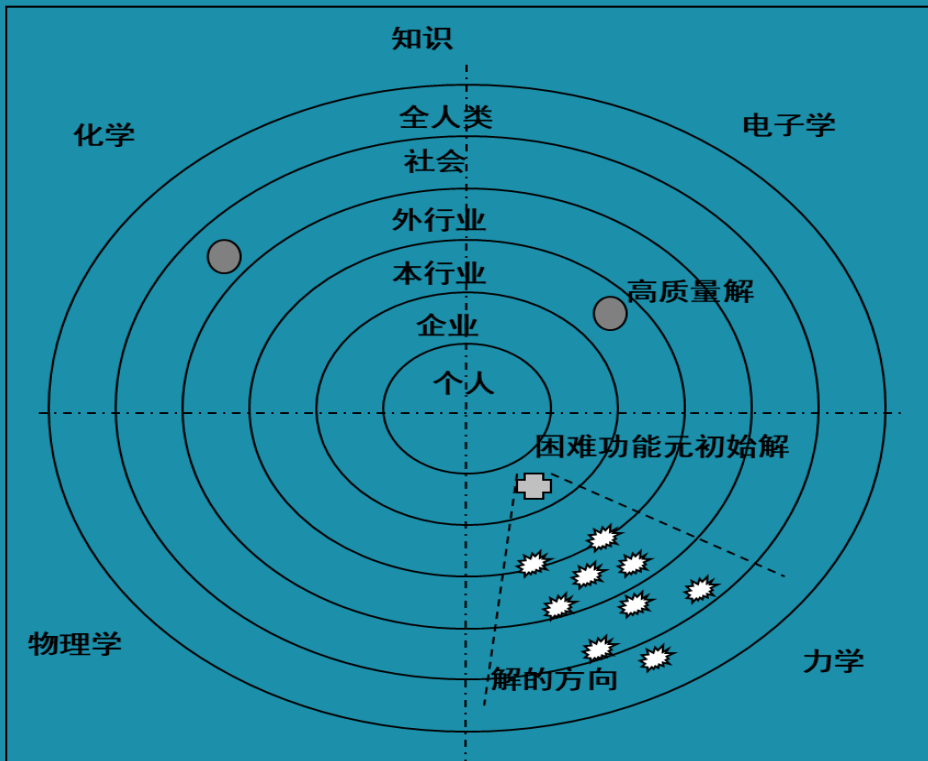
工程师解决“发明问题”的障碍：心理惯性、跨界能力、方法运用

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。

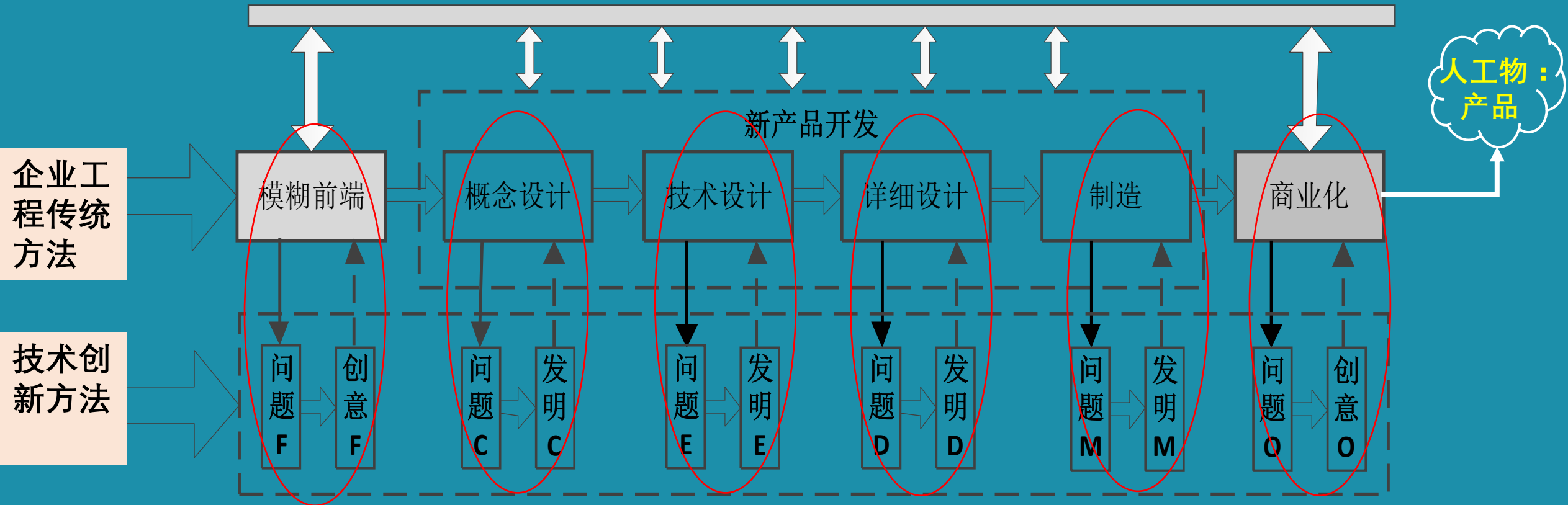
基于直觉的方法

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）



企业工程创新系统方法：工程传统方法 + 技术创新方法

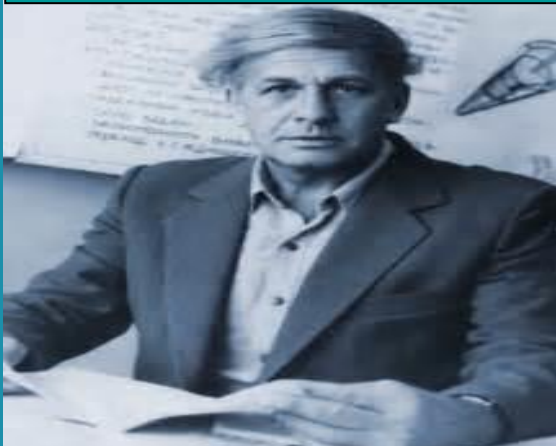
企业生存与发展要求：质量提升、成本降低、用户要求更高、竞争技术发展、人口结构变化等



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

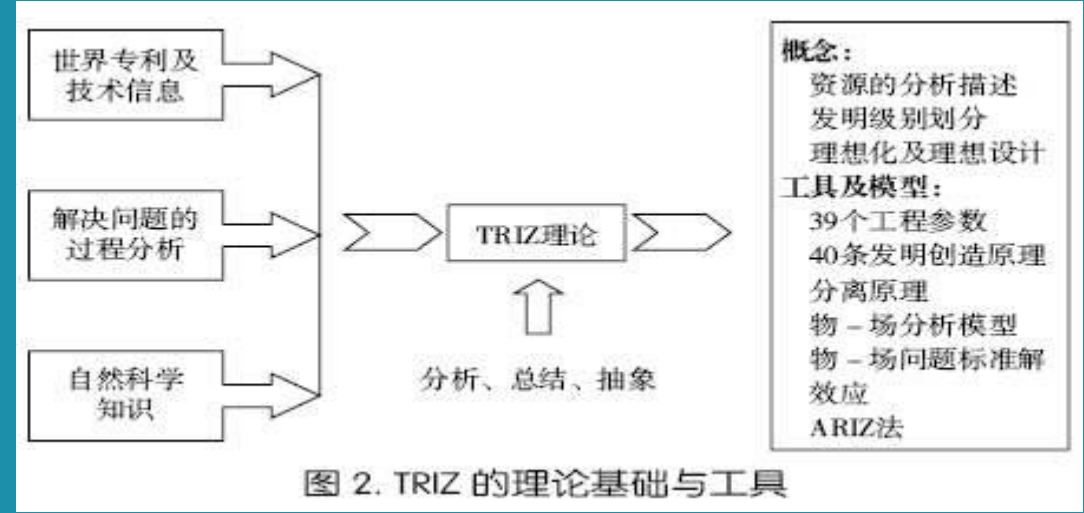
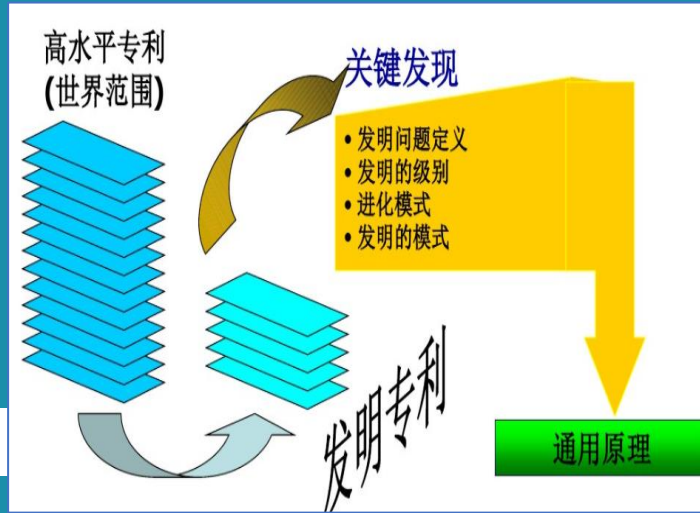


图 2. TRIZ 的理论基础与工具

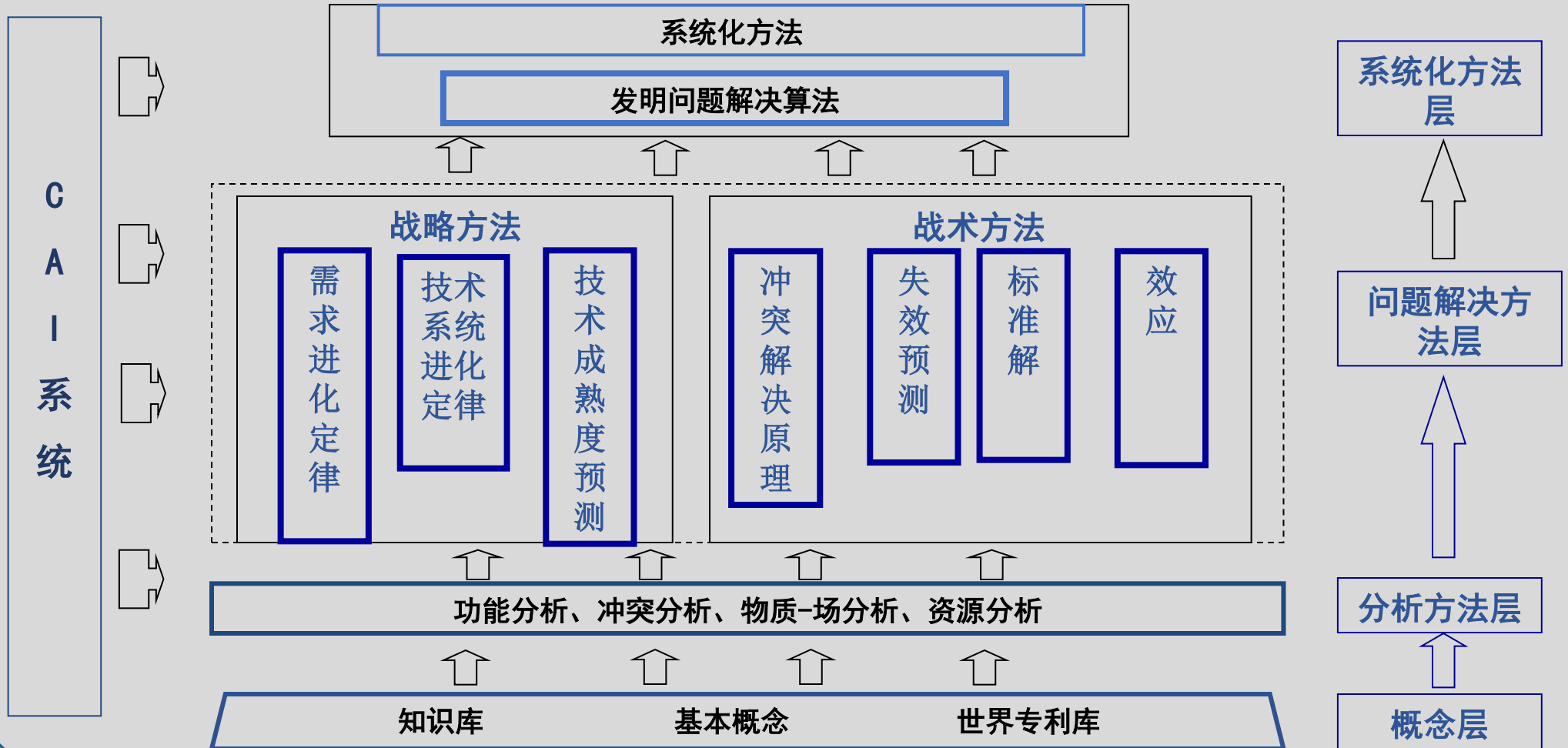
There was an impression was that every engineer in South Korea had to know TRIZ to get a job.

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。

发明问题解决理论: TRIZ

独立形态的工程知识体系之一

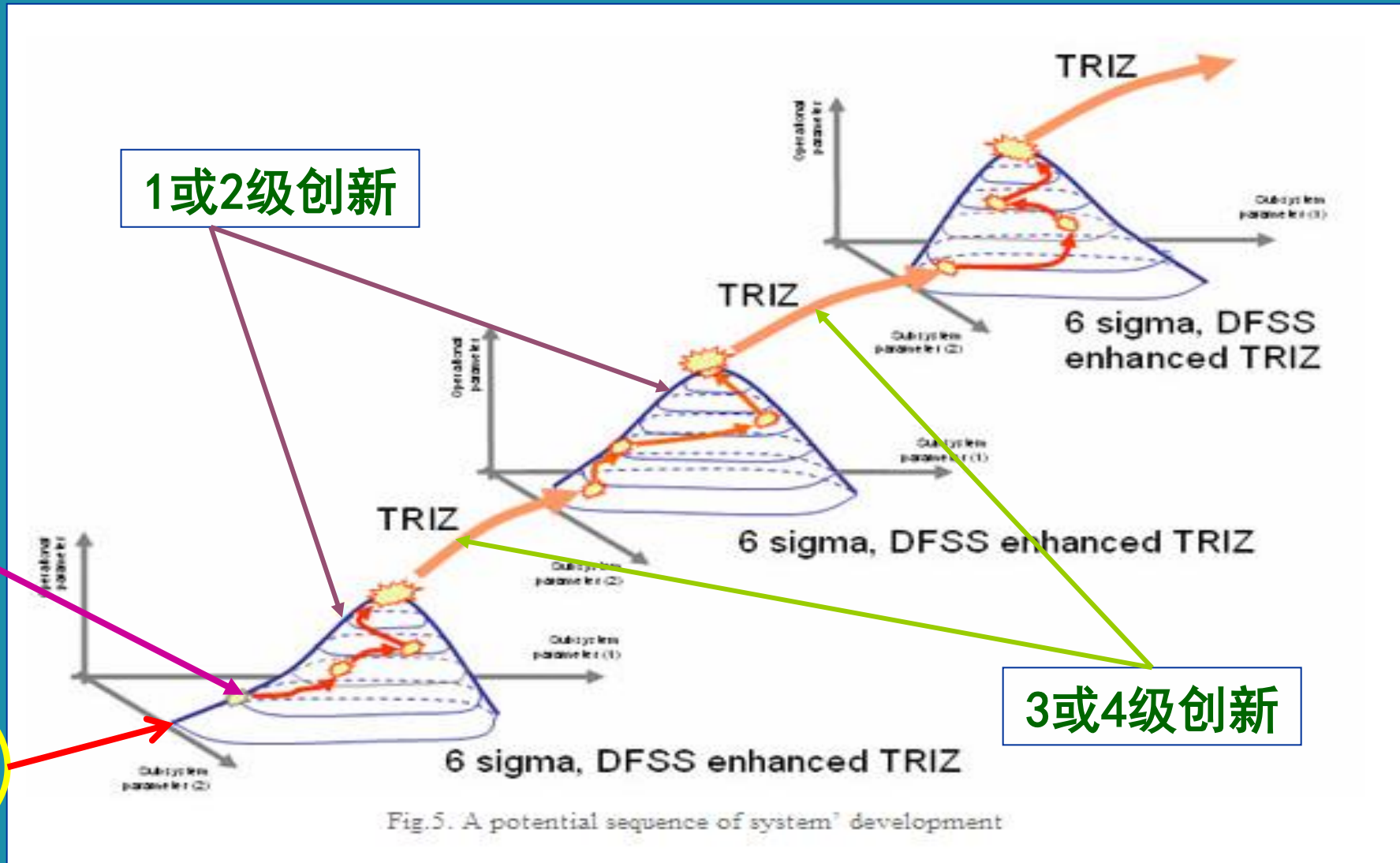
TRIZ 体系结构



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。

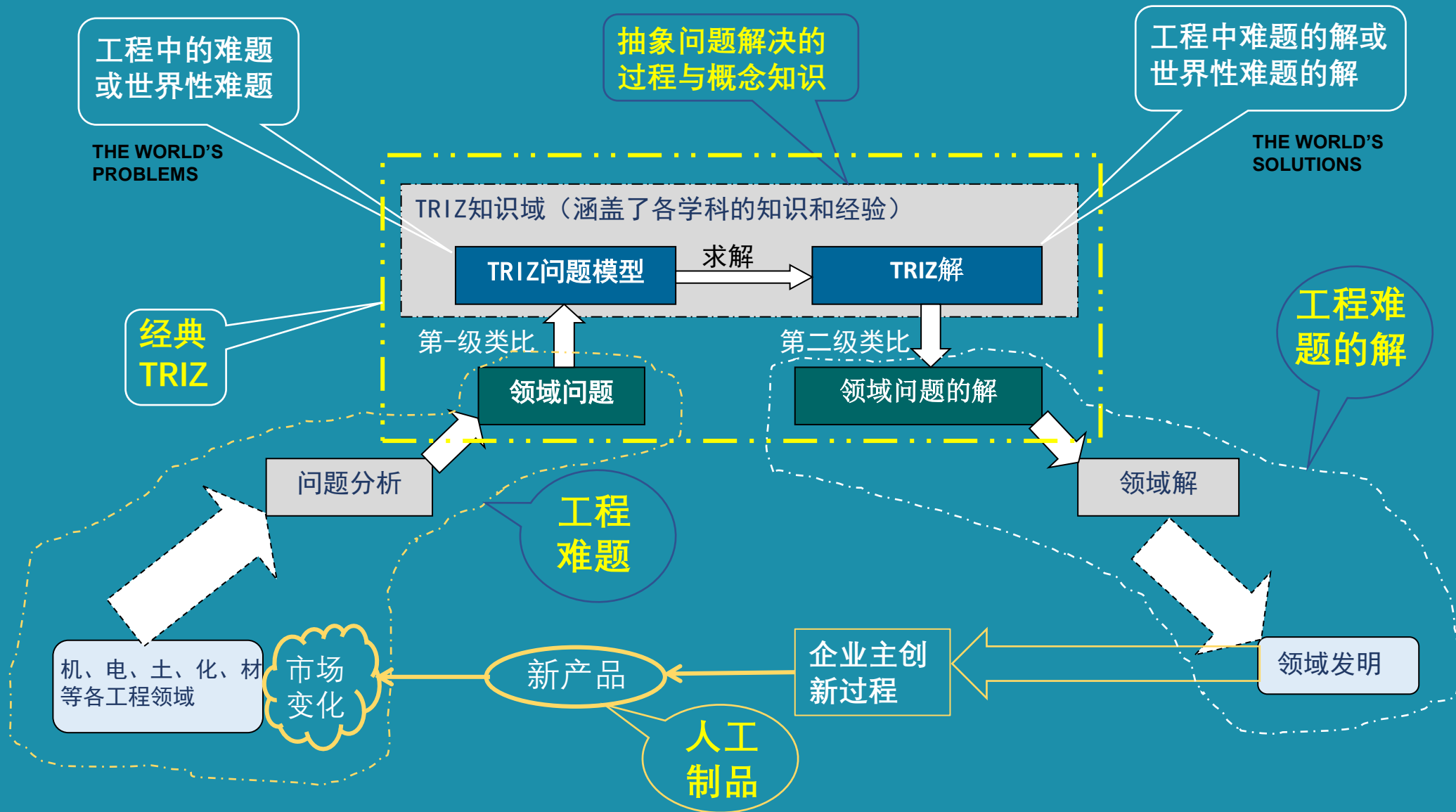
企业产品技术升级



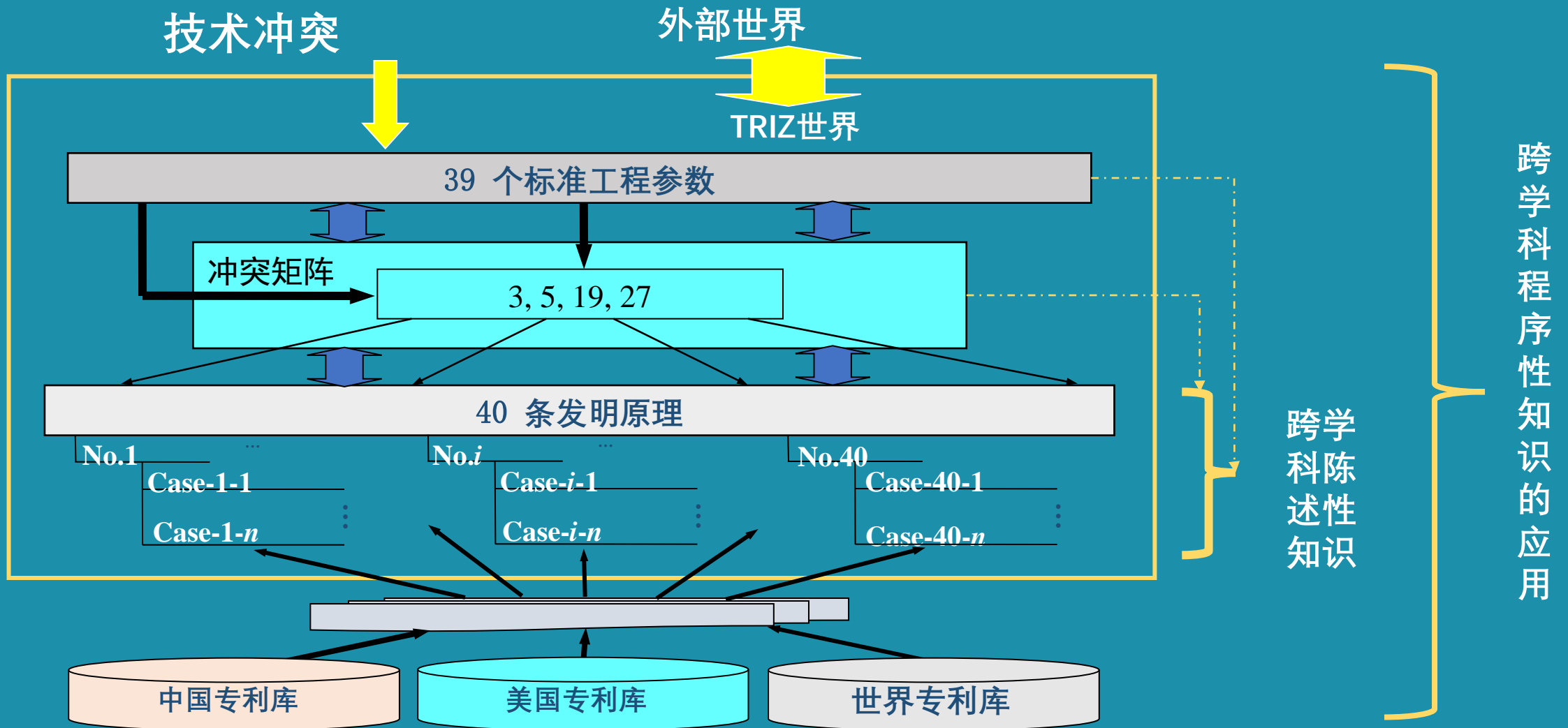
经典TRIZ 解决问题的流程

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。



技术冲突求解过程中的跨学科知识运用



| 系统恶化的特性 → 系统改善的特性 ↓ | | 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



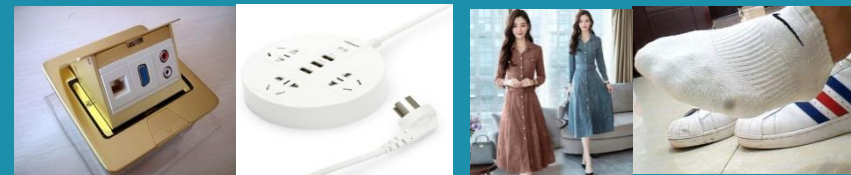
不对称原理



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

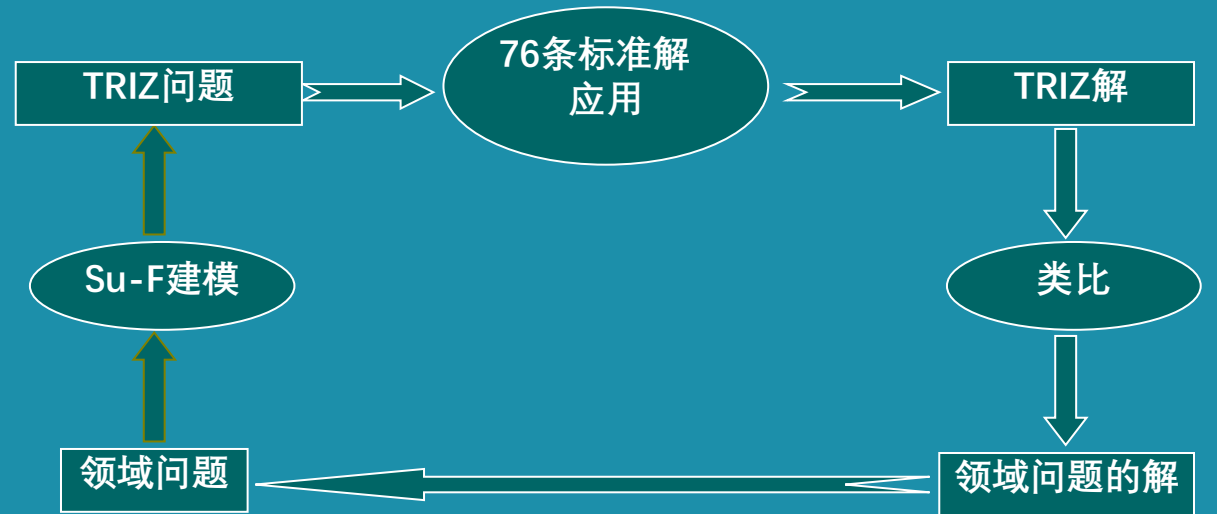
- 将一个物体放在第二个物体中，将第二个物体放在第三个物体中，可进行下去
- 使一个物体穿过另一物体的空腔



标准解

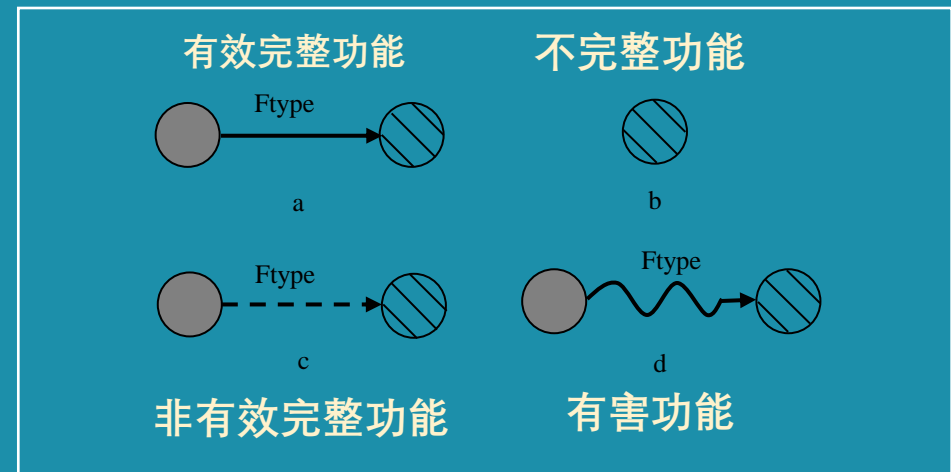
- | | |
|-----------------|---------|
| 1、不改变或少量改变来改进系统 | 13 条标准解 |
| 2、改变系统 | 23 条标准解 |
| 3、系统转换 | 6 条标准解 |
| 4、检测与测量 | 17 条标准解 |
| 5、简化与改进的策略 | 17 条标准解 |
| 共： | 76 条标准解 |

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：

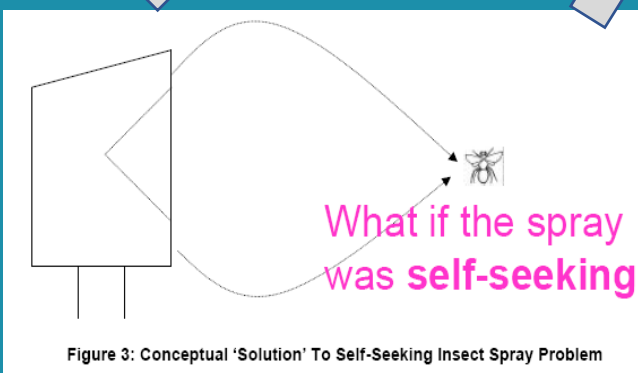
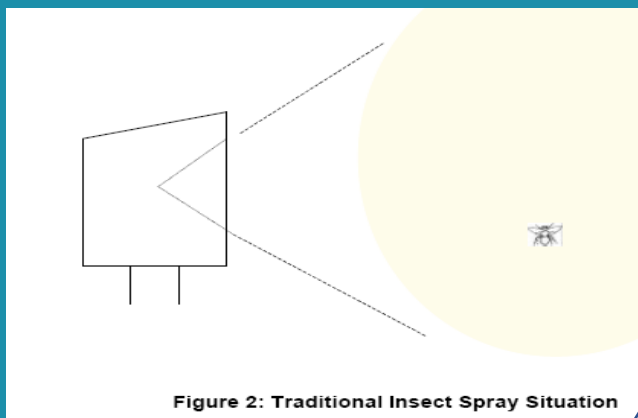
- 1) 所有的功能都可分解为三个基本元件；
- 2) 一个存在的功能必定由三个基本元件构成；
- 3) 将相互作用的三个基本元件有机组合将产生一个功能。



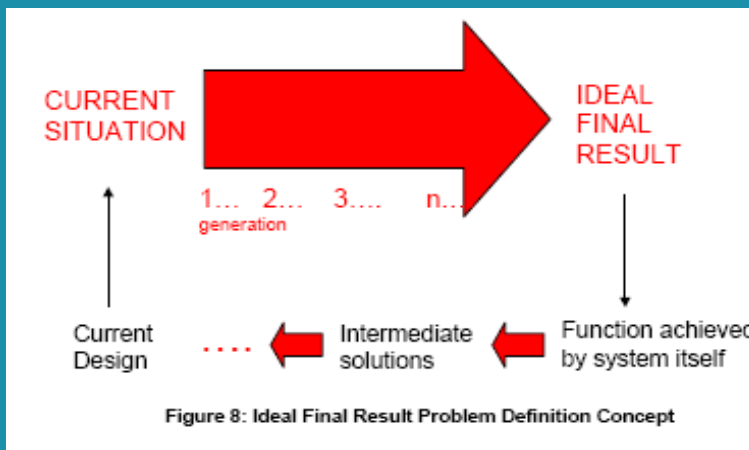
Self-X功能：自清洁、自平衡、自调节、自测量、自对准、自寻找等 —— 实现一种有用功能

案例：提高喷雾器灭蚊蝇的效率

90-99%的可能性是药物不能直接接触蚊蝇，效率极低。

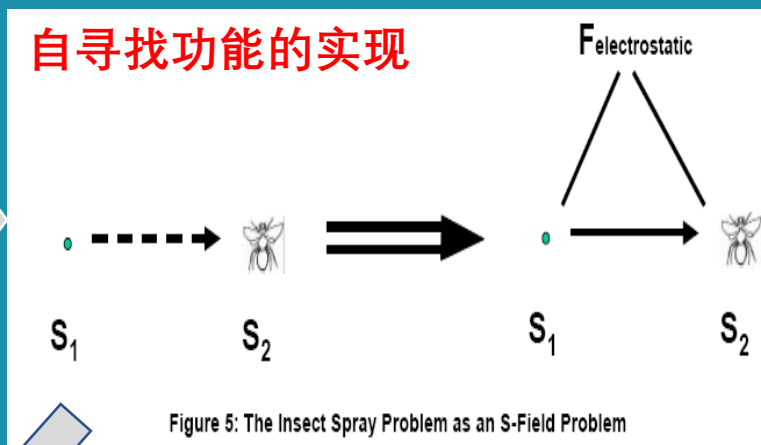
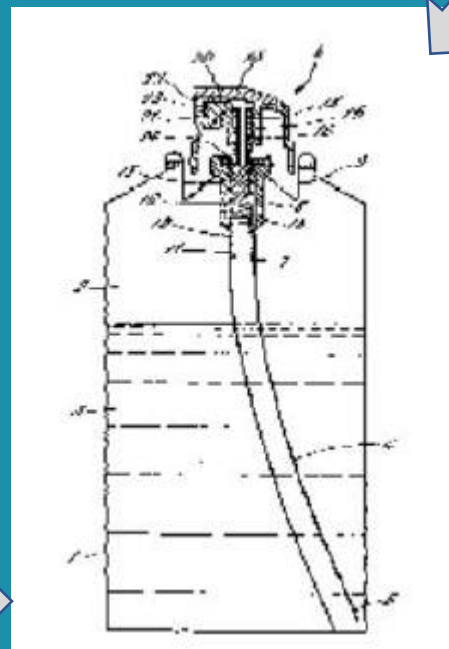


理想解



美国专利：
US6,199,766

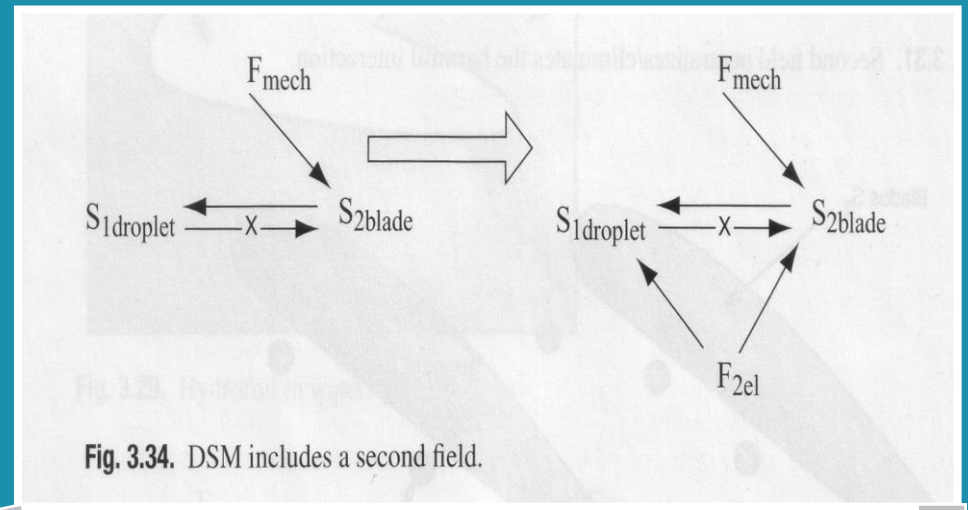
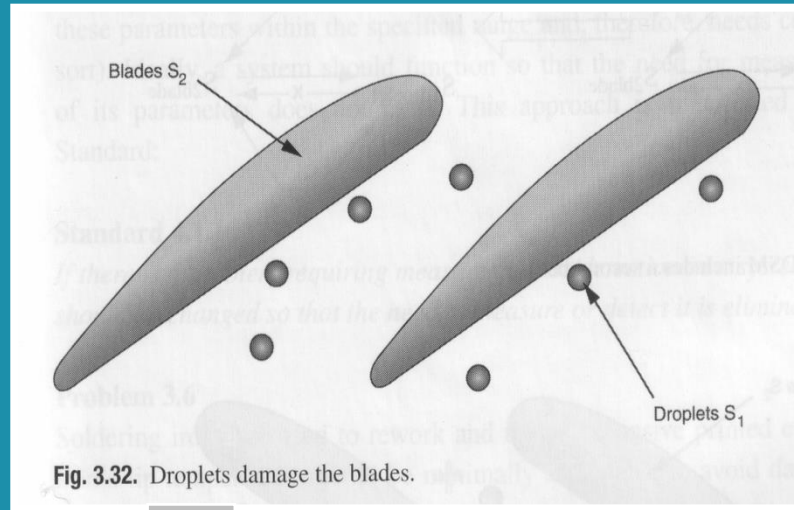
‘Targeting of Flying Insects with Insecticides and Apparatus for Charging Liquids’



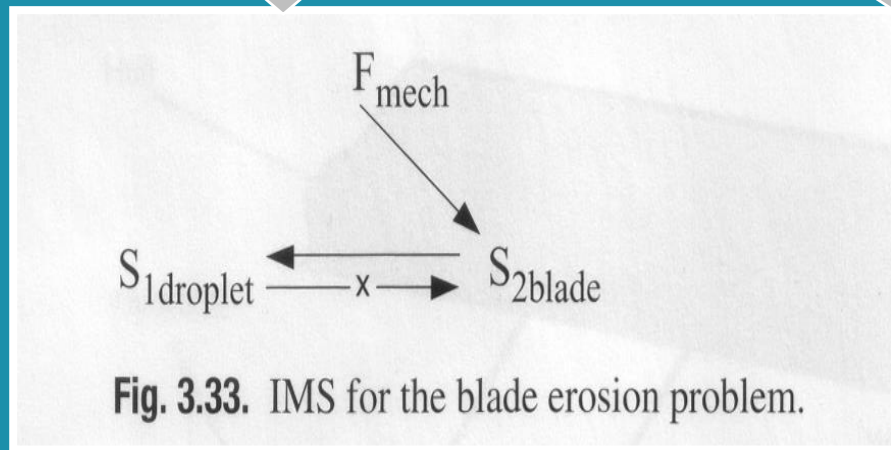
自寻找功能的实现

The existing (but previously unused) field identified by the inventors of US6,199,766 was that the action of flapping wings on an insect result in the generation of certain electrostatic charges. ‘All’ that was required, therefore to achieve the ‘self-seeking’ function was to generate a particle with an opposite and therefore attracting charge.

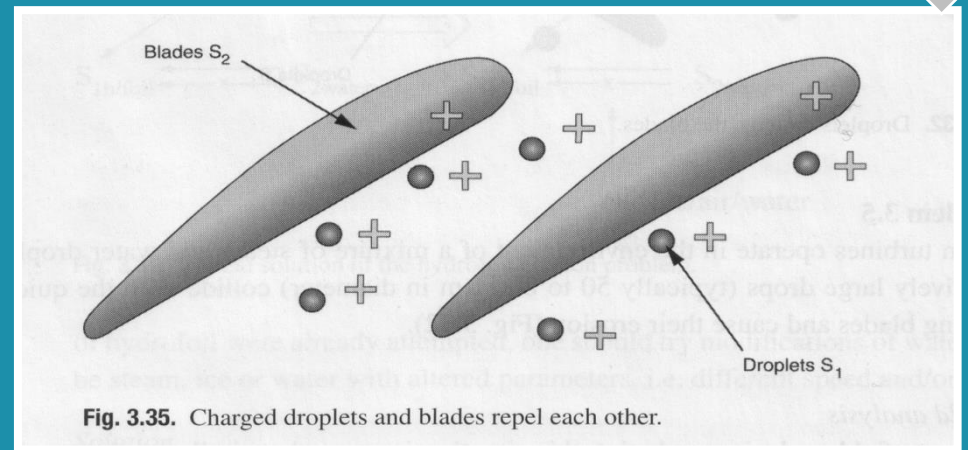
例：透平机械工作的在充满蒸汽与液滴的环境中。直径相对较大的液滴（直径为50-800 μm ），与高速旋转叶片撞击，使其受到侵蚀，影响其工作。



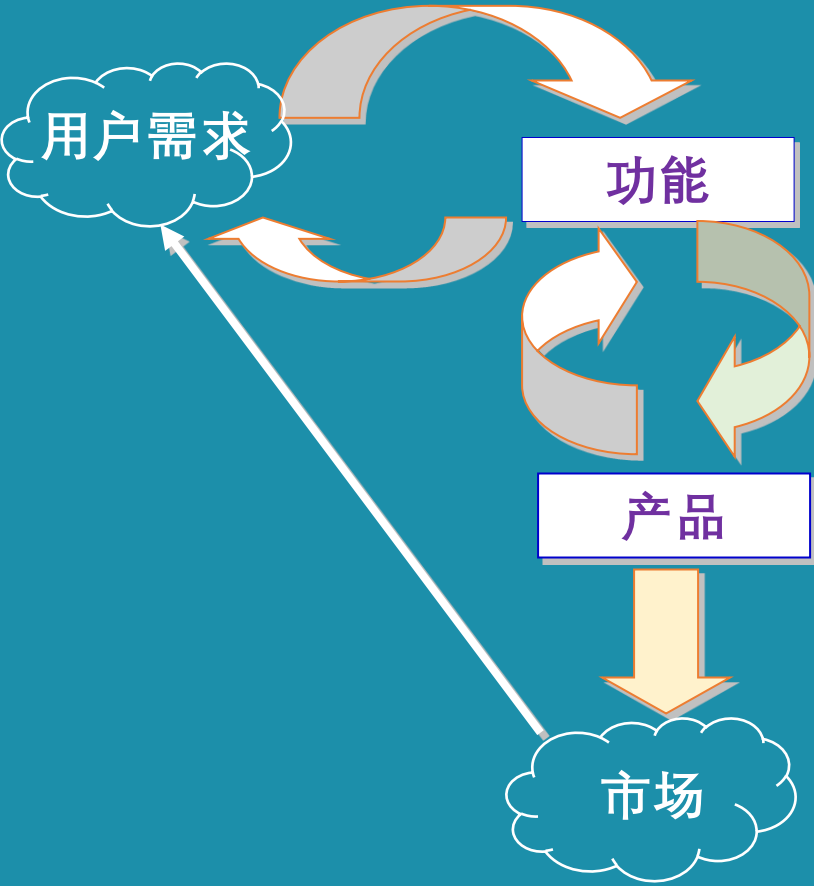
分析：
右图为物质-场模型。直接将叶片上形成冰的保护层效果很差。F的任务是不使叶片与水滴接触。



解：采用电晕放电原理（静电滤波器采用的原理），使水滴及叶片均带电，但相斥，从而使水滴不与叶片接触。



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：

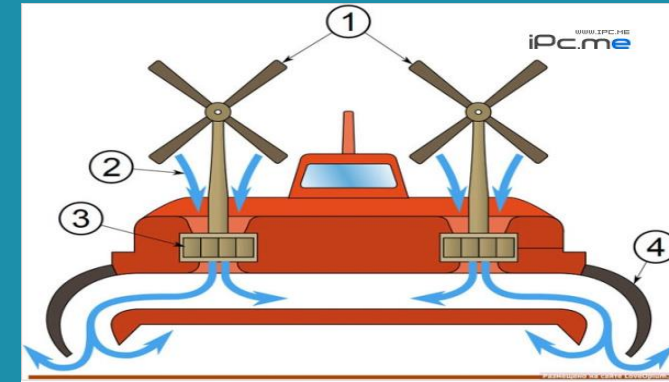
$$F = A(p - p_0)$$

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。

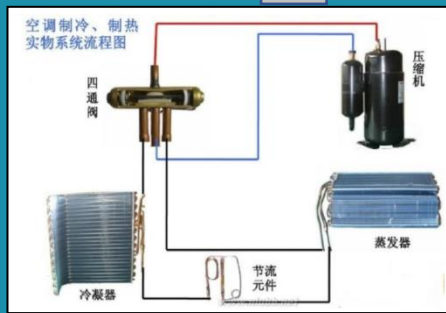
压力产生一个和物体重力相等的力



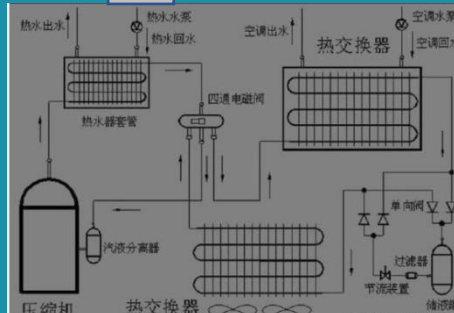
功能块：功能 + 反向功能 + 稳定某参数 + 使该参数变化（动态化）

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：

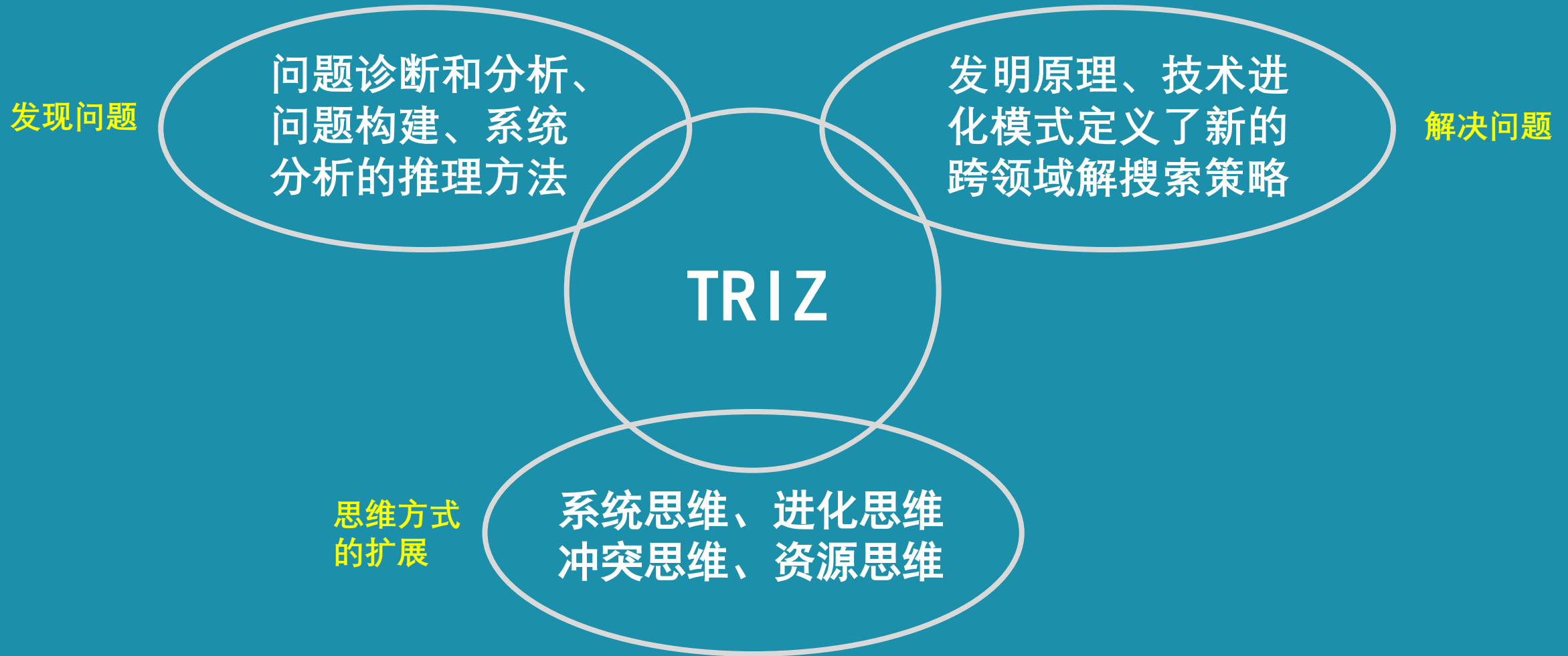
第1步：确定目标系统的功能
第2步：确定反向功能及系统
第3步：将两个系统功能集成形成超系统功能

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

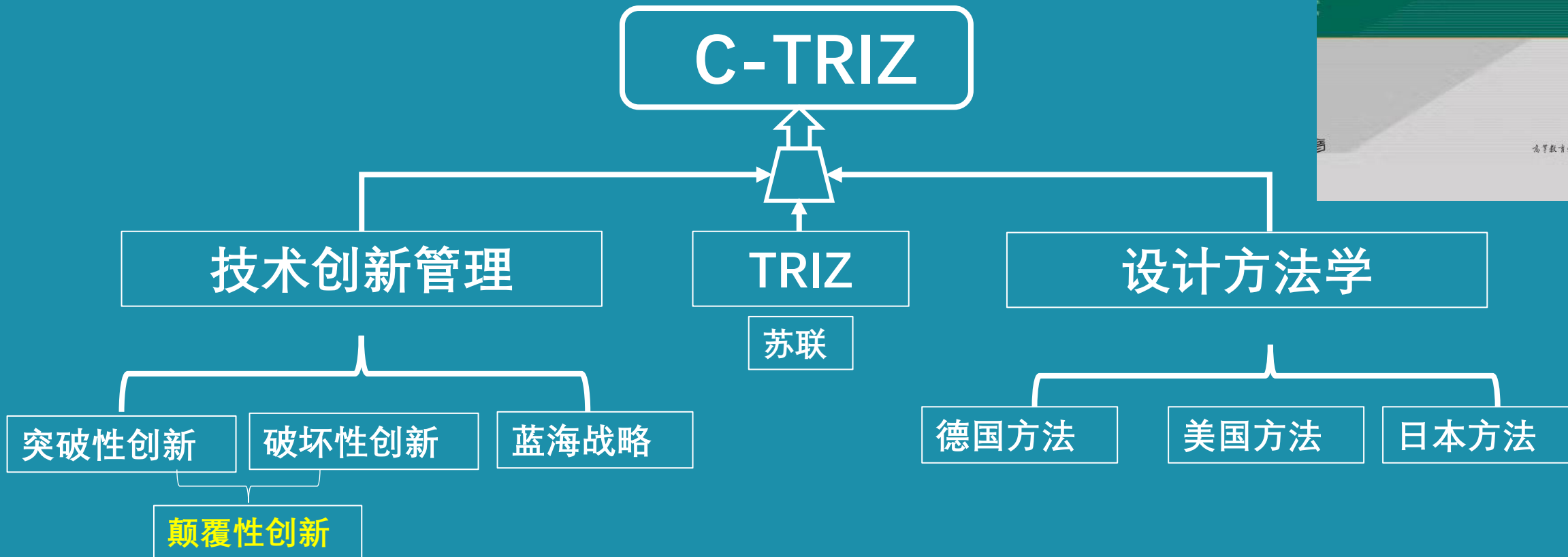
TRIZ 小结



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)



C-TRIZ的发展

发展 TRIZ 理念

国家创新发展需求

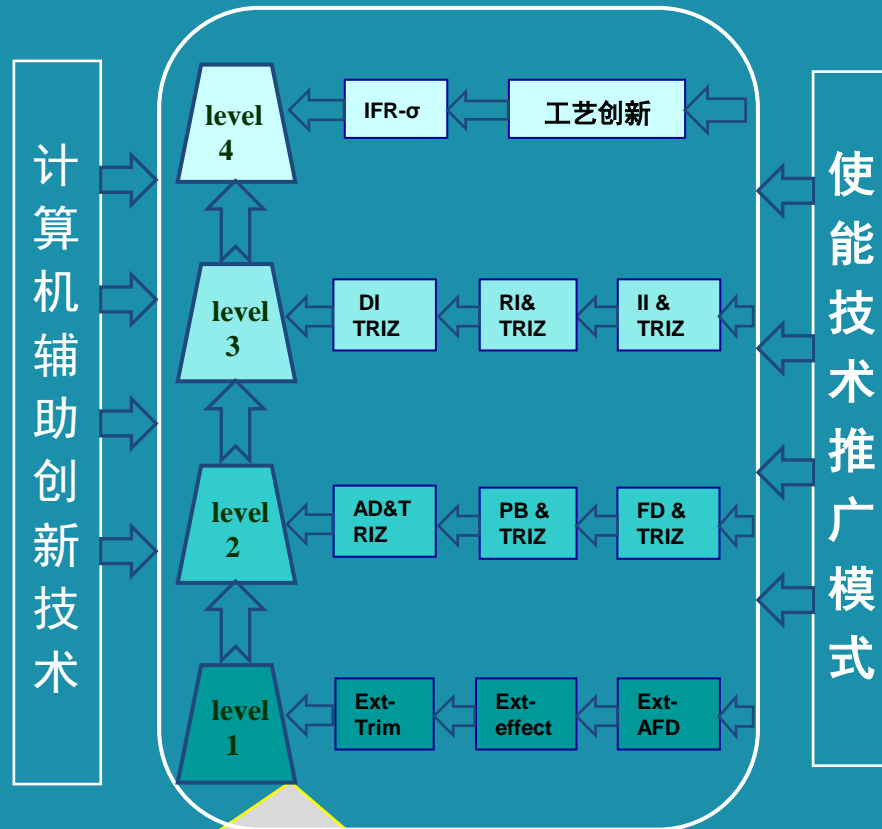
- 突破性创新
- 破坏性创新

企业创新需求

解决发明问题



C-TRIZ 理论与支撑体系



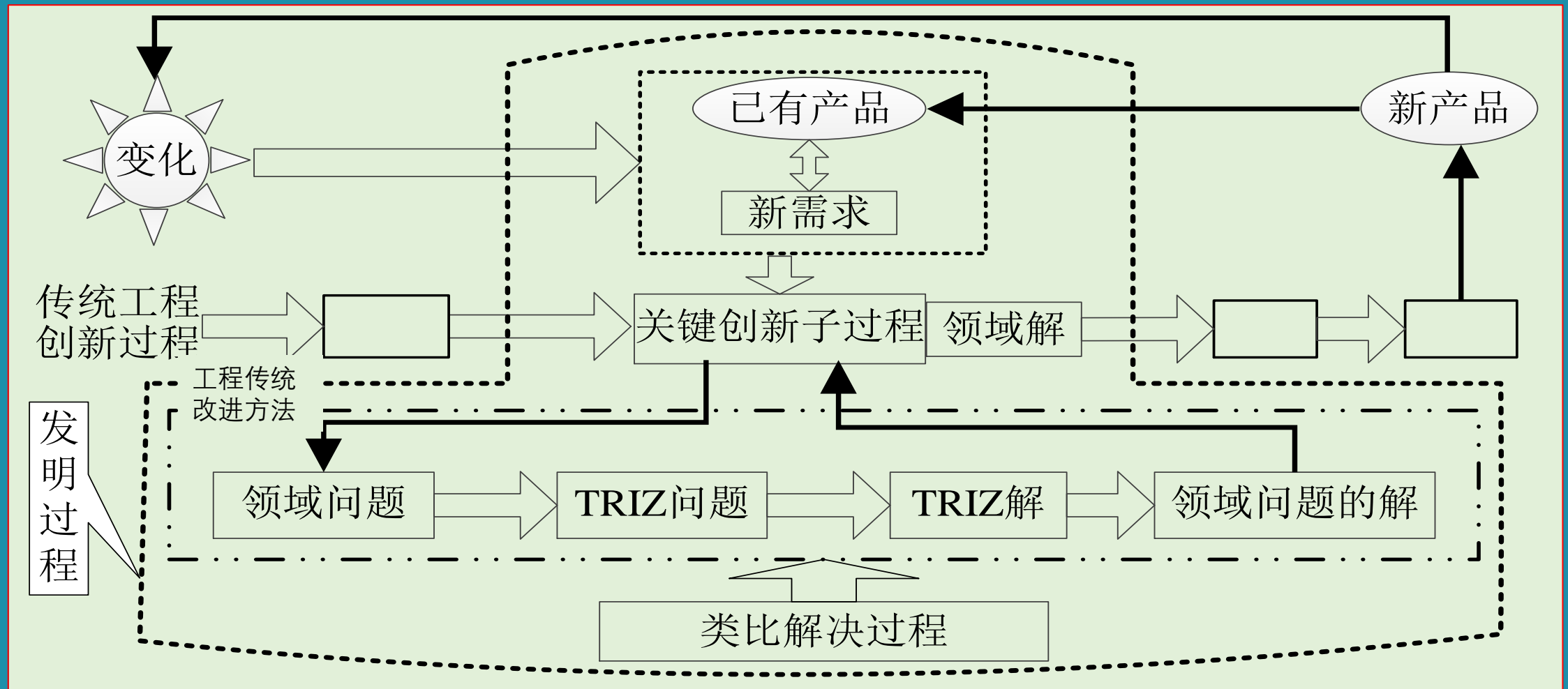
经典TRIZ：发明问题解决理论

十项关键技术

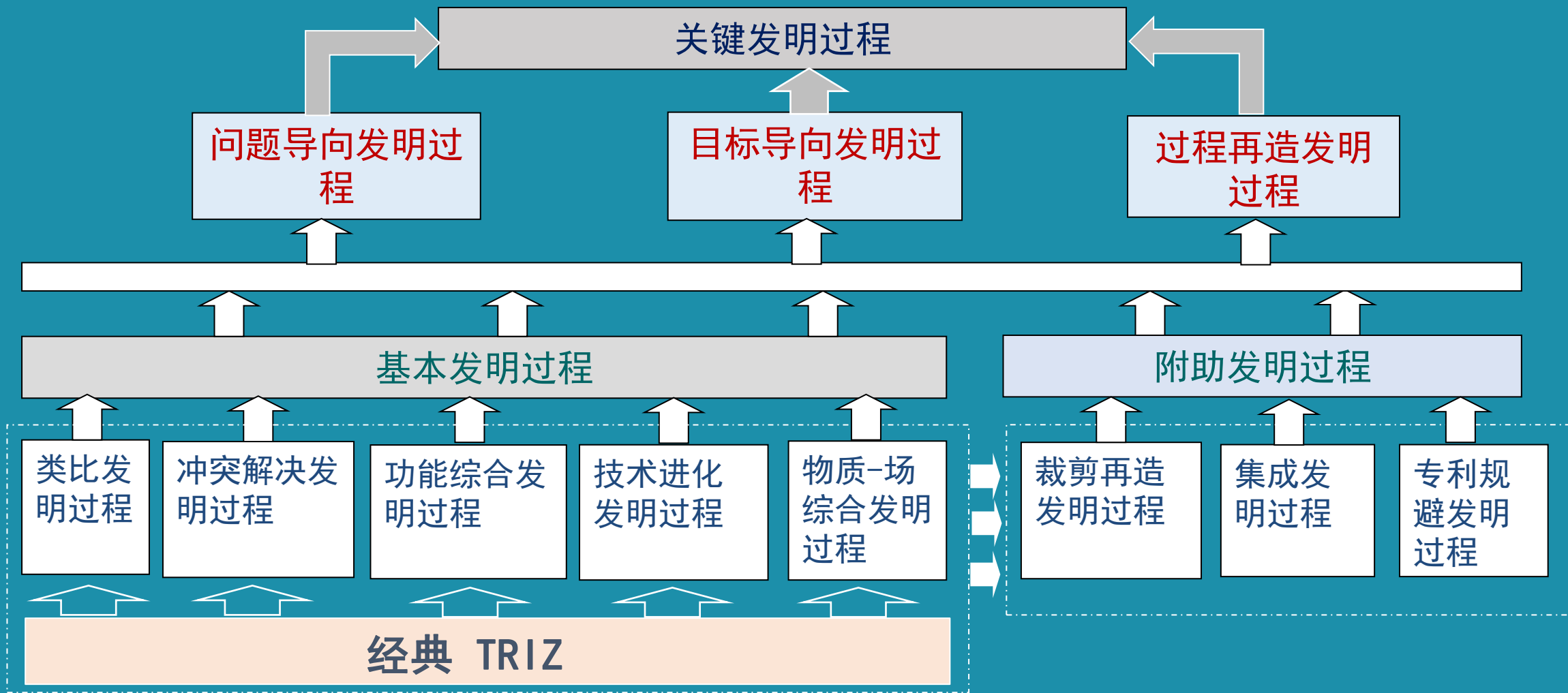
1. 突破性创新技术
2. 破坏性创新方法
3. 渐进性创新技术
4. 集成创新技术
5. 专利规避与布局技术
6. 六西格玛设计技术
7. 产品平台设计技术
8. 失效预测技术
9. 功能设计技术
10. 计算机辅助创新技术

产品创新过程：工程传统与技术创新方法的融合

产品改进创新方法 = 产品改进传统方法 + 技术创新方法

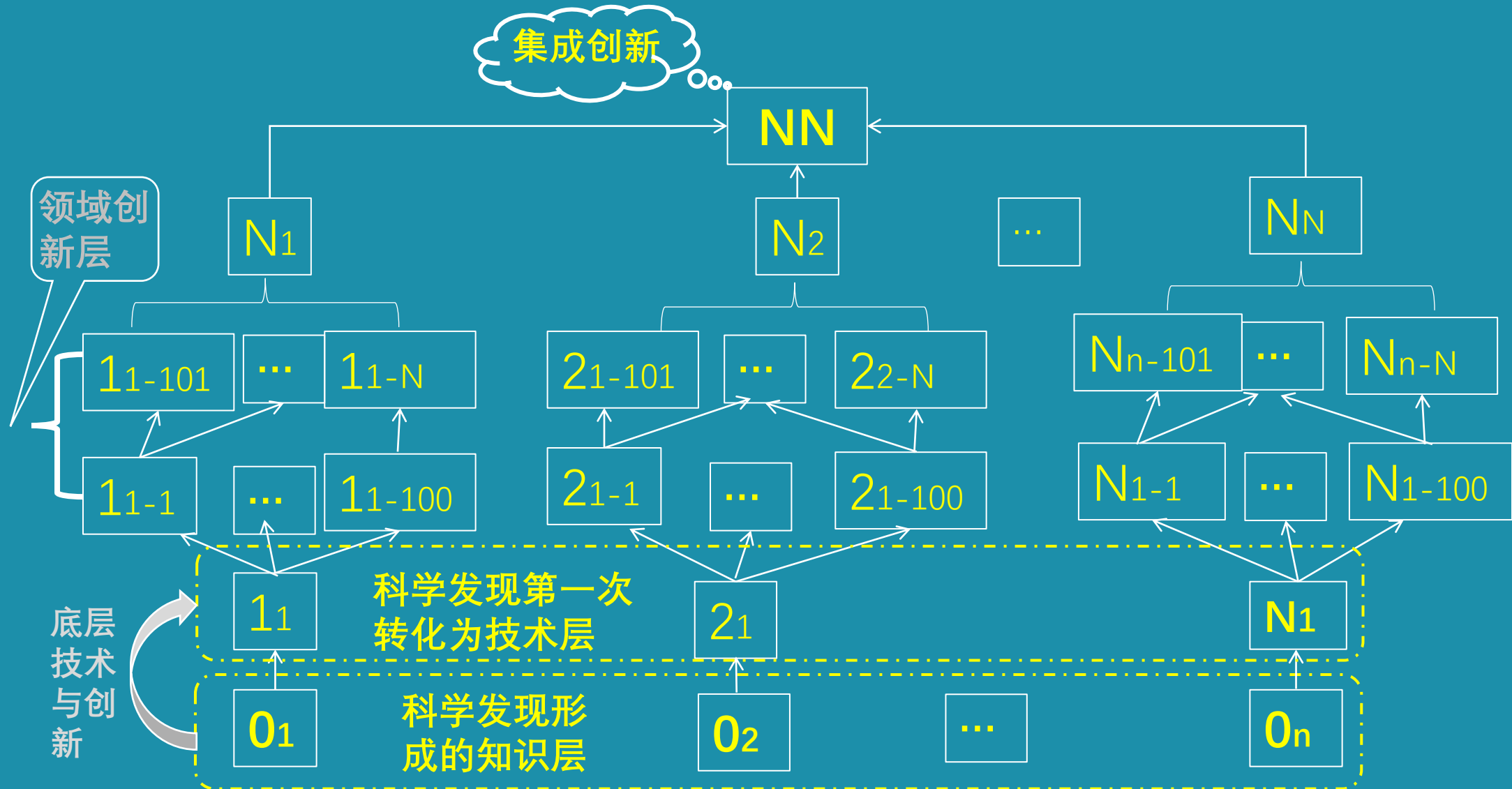


C-TRIZ: 发明过程分类—— 11类



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的集成形成NN。



轮船的诞生：集成创新

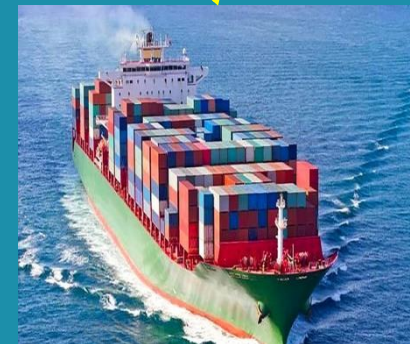
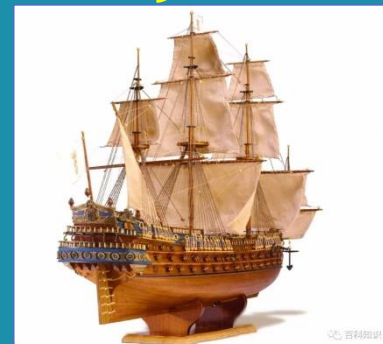
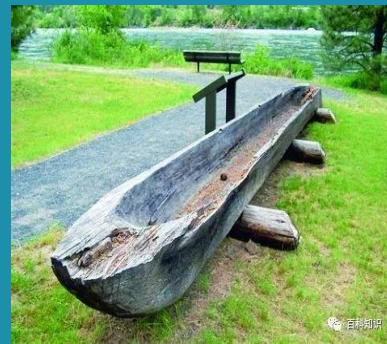
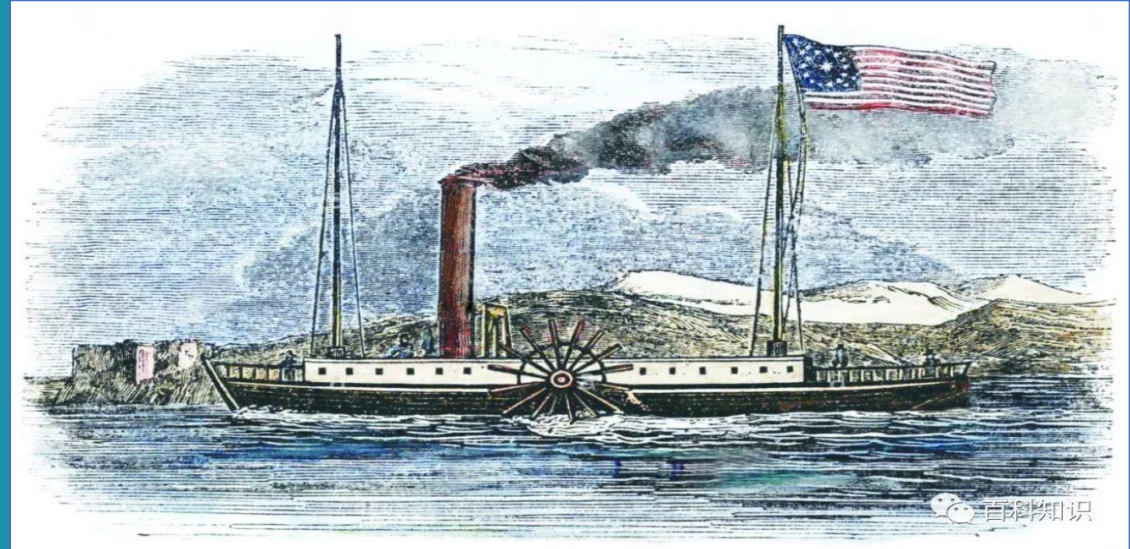
轮船之父—罗伯特·富尔顿



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。

“克莱蒙特”号叶轮式蒸汽轮船

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。



C-TRIZ与TRIZ的区别

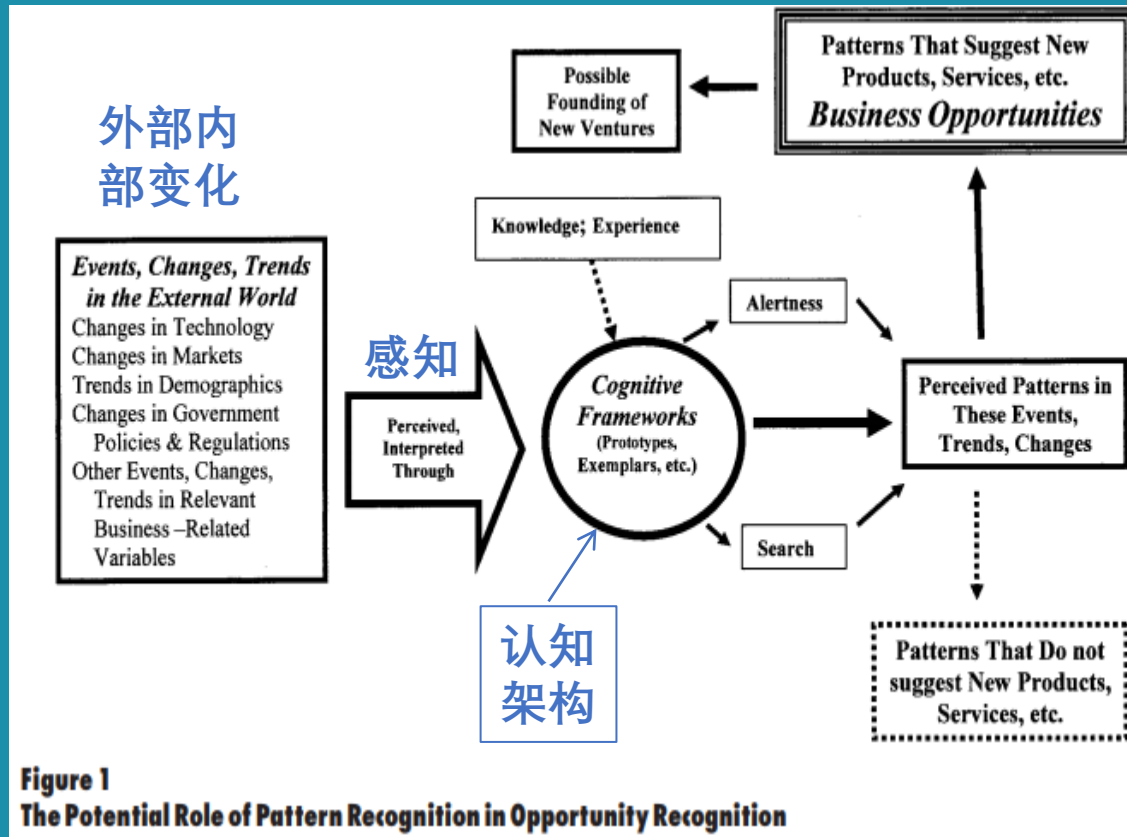


Figure 1
The Potential Role of Pattern Recognition in Opportunity Recognition

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 ——
5类 : 进化、冲突、
标准解、效应、
失效预测
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

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

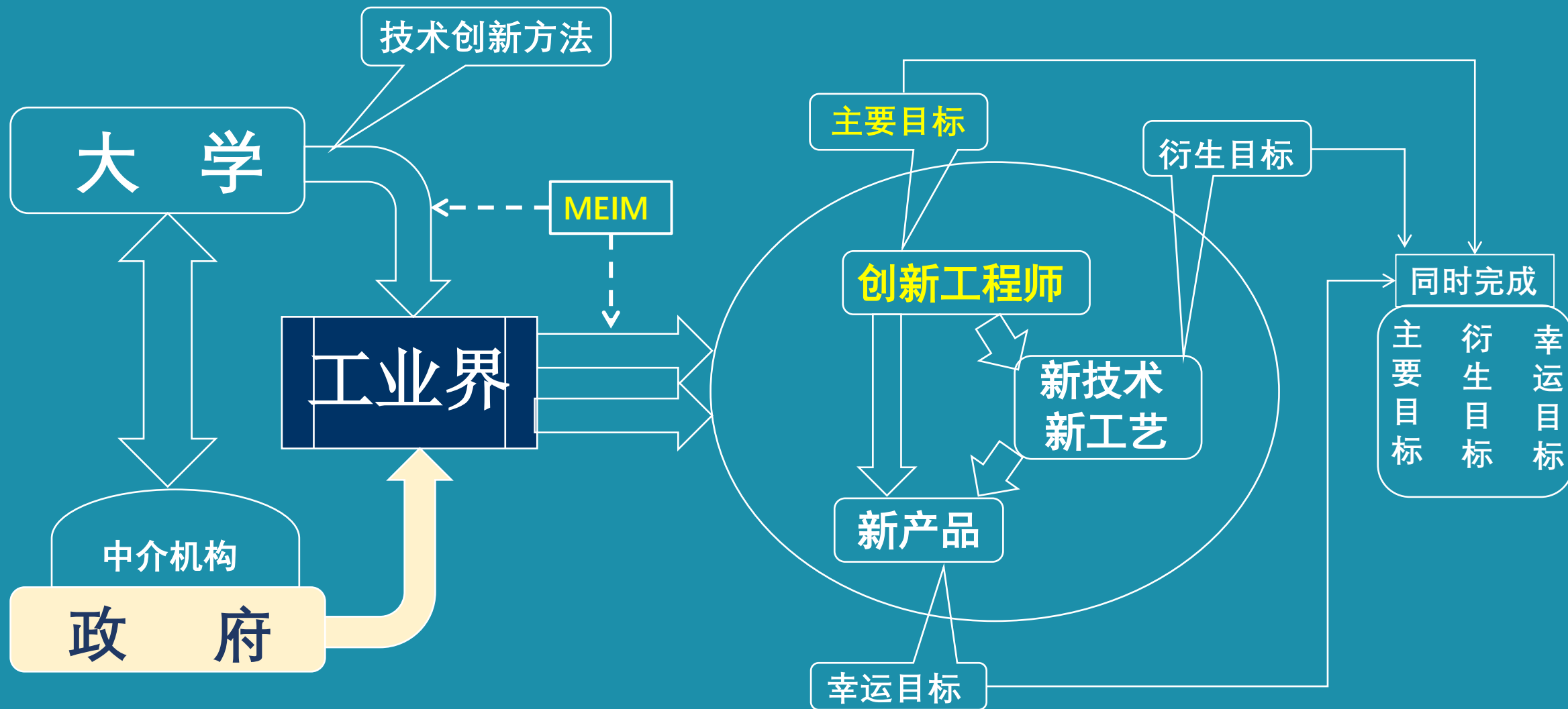
C-TRIZ/TRIZ + 路径 + 模型 + 卓越的操作 = 赋能创新

- 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。

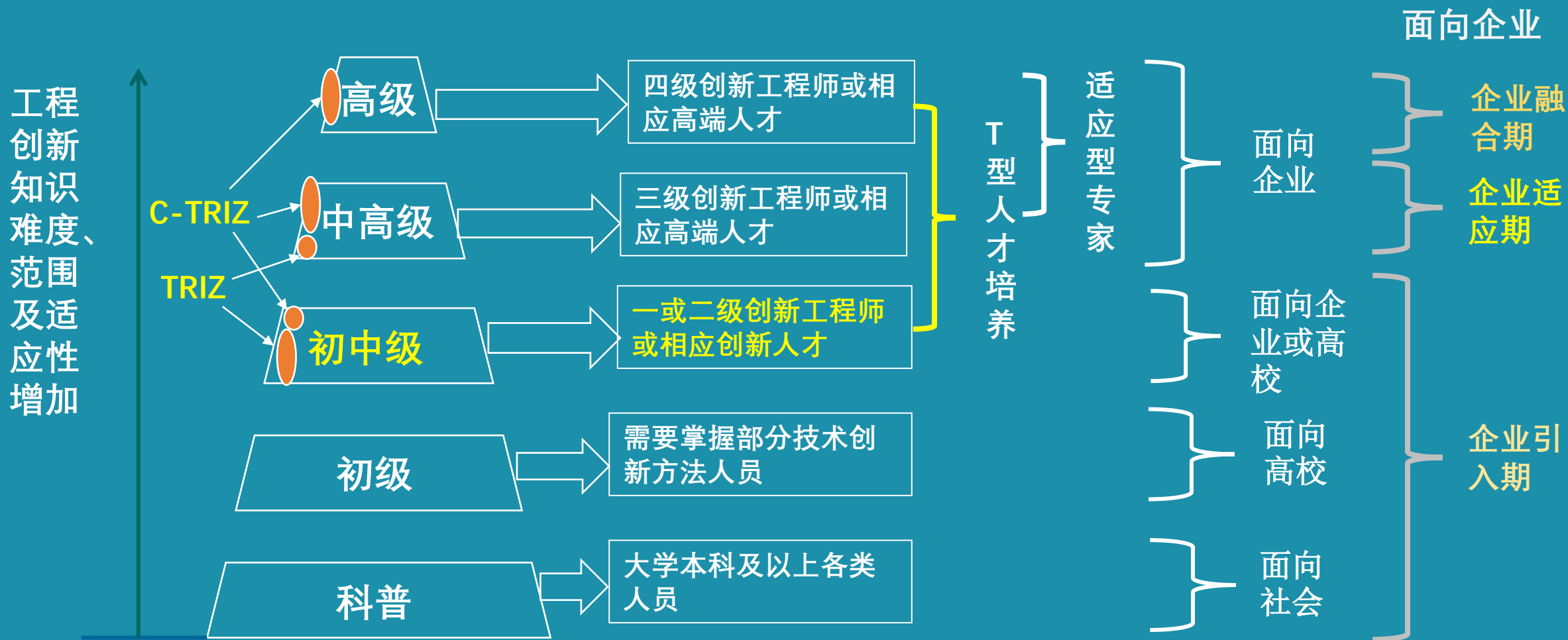
赋能创新的任务：培养创新工程与创新适应性专家

- 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

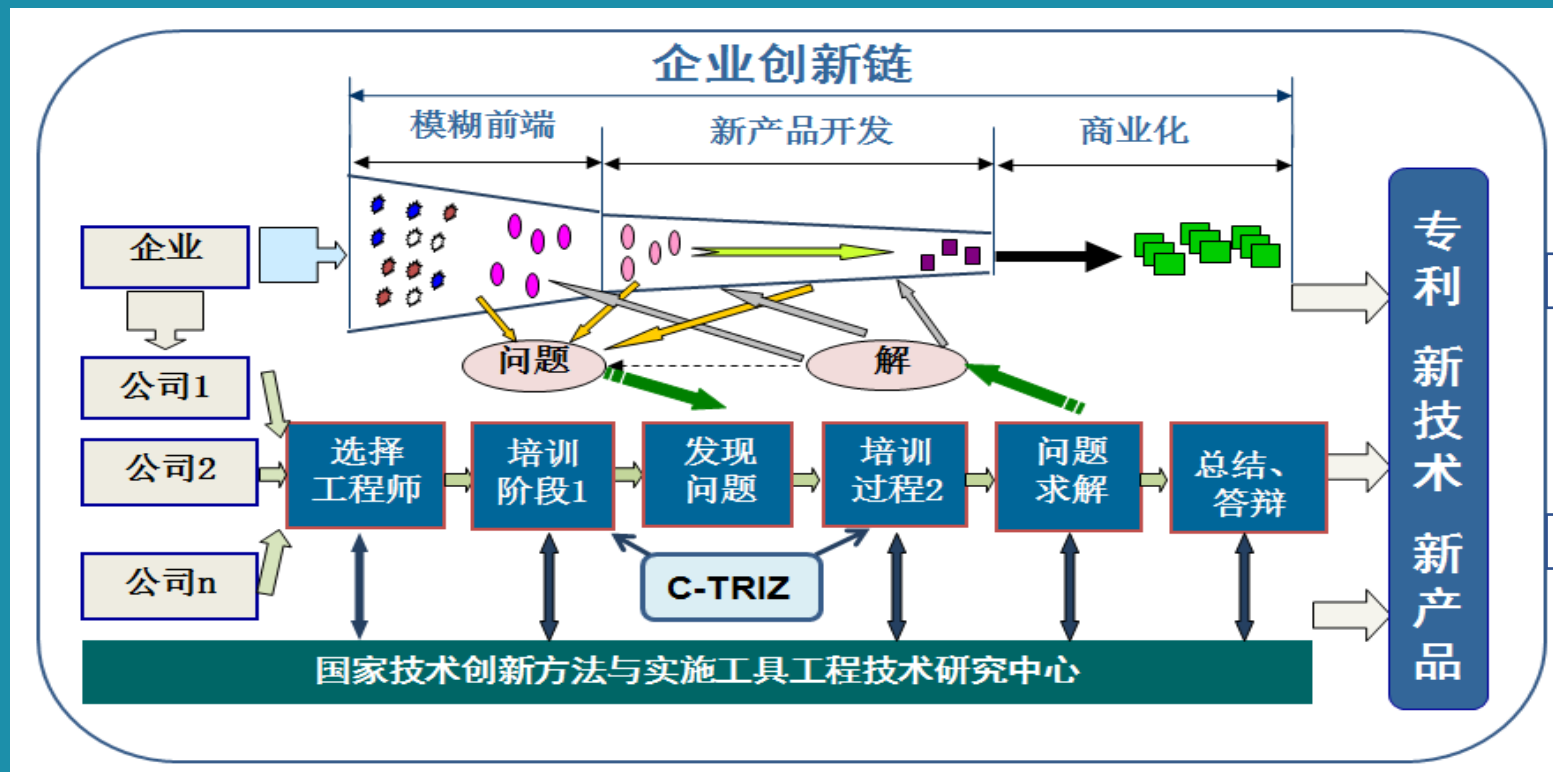


技术创新方法转移分级体系



面向区域与企业 批量“创新工程师-发明”模型

Mass-engineer-oriented invention model (MEIM)



主要目标:

一批创新工程师

衍生目标:

新技术
新工艺

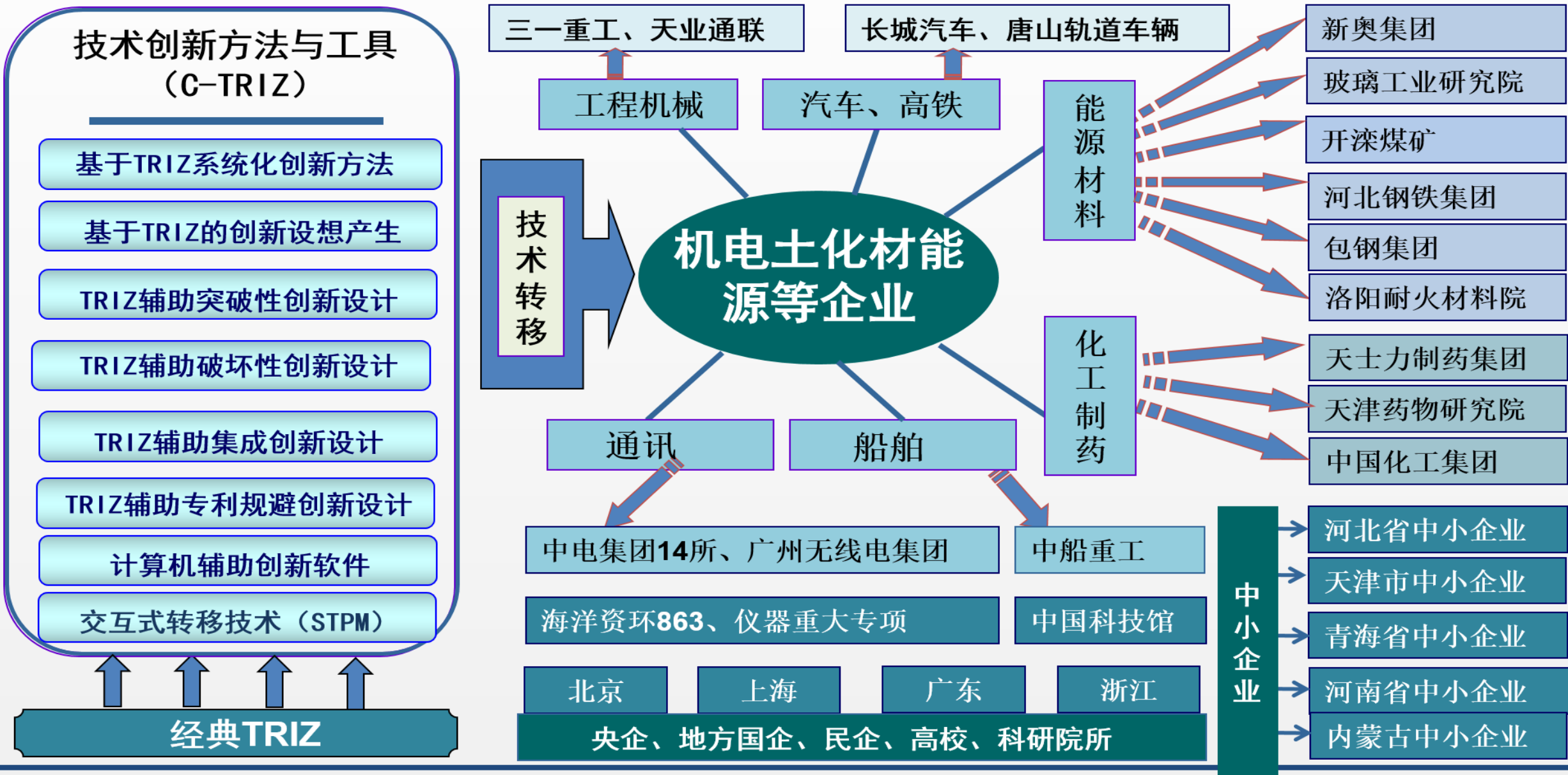
幸运目标:

新产品

一期技术转移过程: 时间6-12个月

技术创新方法成果一次转移: 面向一个企业或区域的一批企业,按照上述模式所完成的一个全过程。其输出是一批创新工程师(一个创新团队)、一批专利、一批新技术、若干新产品。时间为半年至一年。

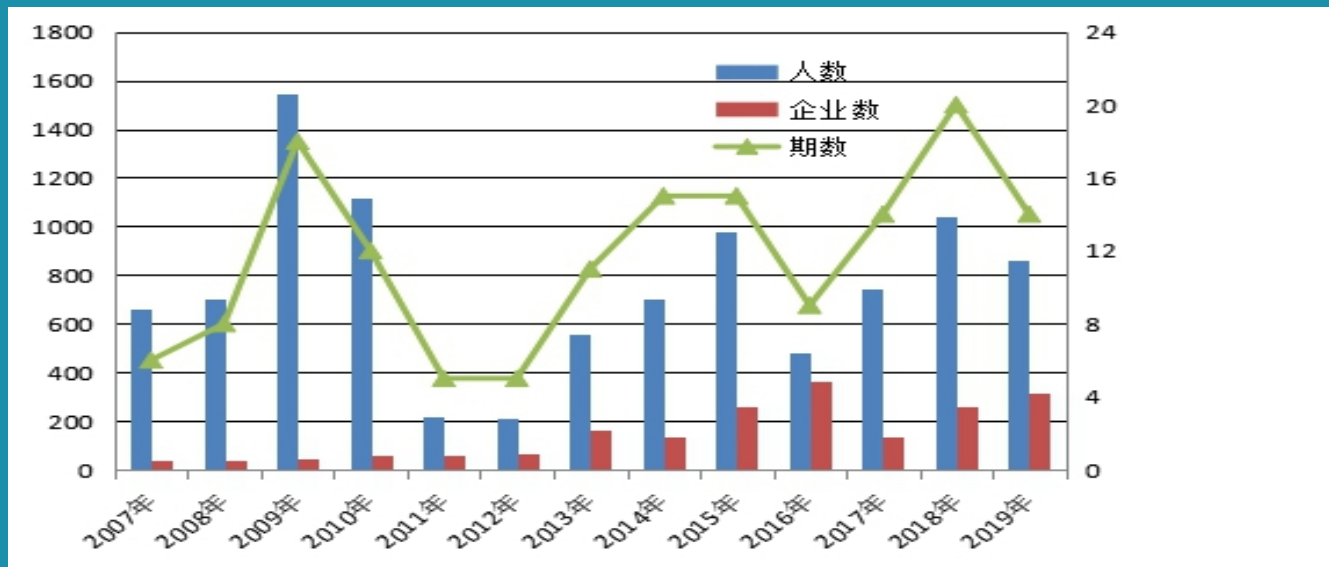
中心已服务于机电土化材能源等工业领域的创新驱动发展



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3：向华北油田技术转移（第一期2015.5-2015.12 目前已完成3期技术转移）

技术转移过程

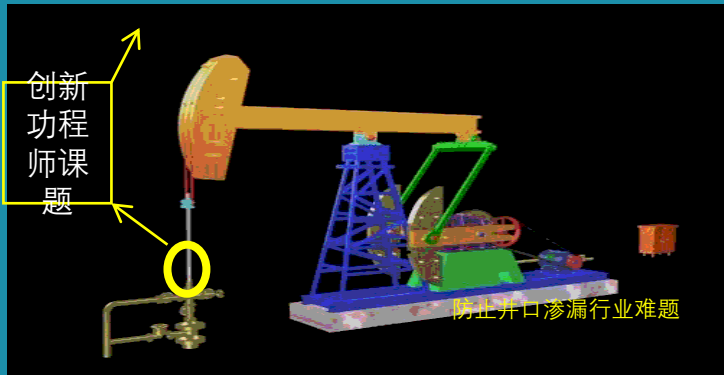


2015.5—2015.12
国家中心技术转移

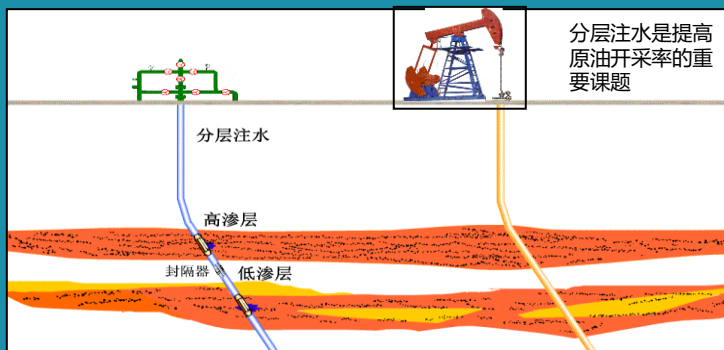
成果明细：30名学员完成了30项工程课题，并全部通过答辩，其中，21名学员获得二级创新工程师证书，9名学员获得一级创新工程师证书。申报专利32项，其中发明专利16项，实用新型16项，待申报专利5项。为企业创造直接经济效益5500万元/年。



基于C-TRIZ的油井井口新型密封系统关键技术研发



基于C-TRIZ的精细分注工艺关键技术研发



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

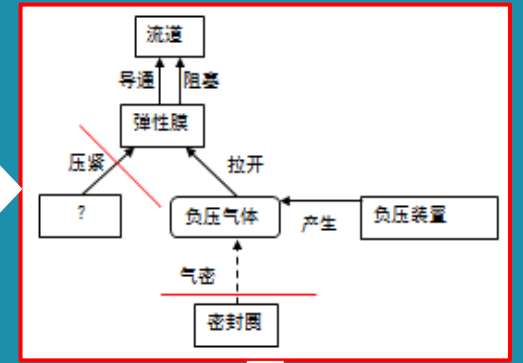
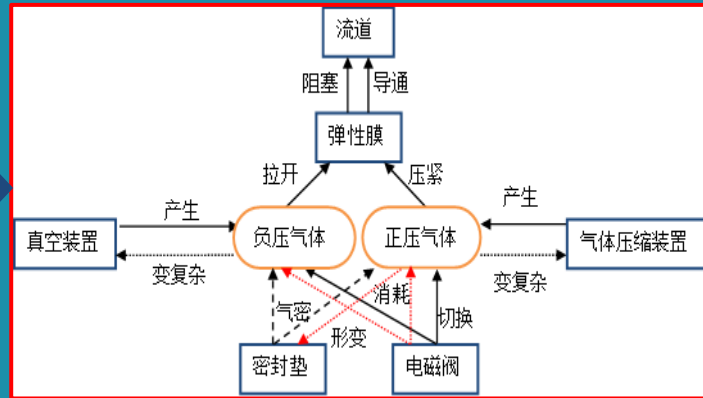
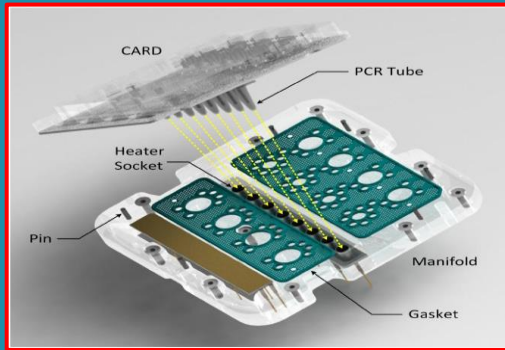
“十三五”国家科技创新规划

案例4：国家重大科学仪器专项班学员成果 （科技部组织）

学员：XX 课题名称：微流体核酸芯片驱动系统创新设计

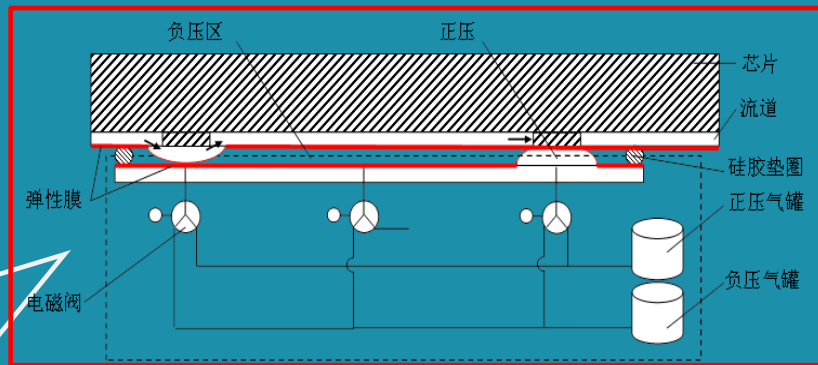
本课题来源于国家重大仪器专项《微膜泵驱动核酸微全分析仪》子任务《多功能微全分析仪开发-仪器整体设计与系统集成》2012YQ09019702-2。传统的核酸检测室生化检测需要实验室进行，通过使用发明原理等创新工具，提高了系统的可靠性，对实验条件的要求大幅降低。

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。



三对技术冲突

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 2, 19, 3 32, 35, 30 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

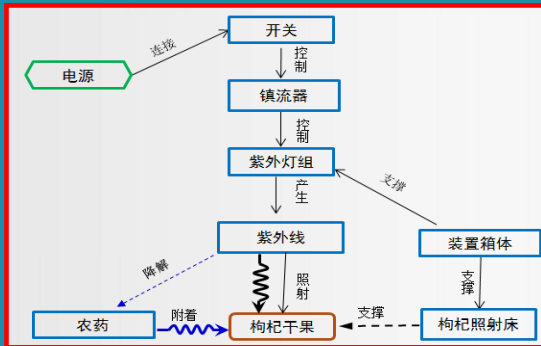
- (1) 微流体微阀驱动装置，发明专利，201410415616.5。
- (2) 微流体微阀及驱动装置，发明专利，201410415619.9。

案例5：向青海省技术转移（省科技厅组织，本中心实施 2013.1-2015.12）

项目之一：降低枸杞干果中农药吡虫啉、啶虫脒残留问题

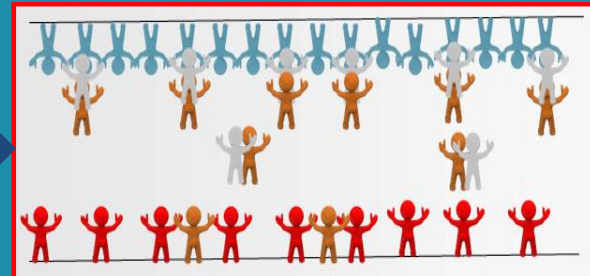
本中心与青海省科技厅一直合作并在该省信息所共建了“创新方法推广应用基地”。该所组织省内企业与中心一起开展技术创新方法技术转移工作。已取得了一系列成果，得到了地方政府与企业的好评。

问题描述：吡虫啉和啶虫脒是枸杞种植中广泛使用的农药，枸杞干果中的残留也最为严重。针对上述农药，降解农残技术和低农残枸杞干果生产技术在枸杞产业发展过程中急需解决的问题。



| 系统 | 资源名称 | 类别 | 可用性 |
|------|---|----|-----|
| 内部资源 | 枸杞干果、农药、照射床、紫外灯、臭氧 | 物质 | 弱可用 |
| | 紫外线 | 能量 | 弱可用 |
| | 照射前、照射时、照射后、照射时间 | 时间 | 强可用 |
| | 照射强度、功率 | 信息 | 强可用 |
| 外部资源 | 照射间、照射床架子、振动装置、臭氧发生器、开关、电线、臭氧浓度检测仪、紫外线强度检测仪 | 物质 | 强可用 |
| | 电场、磁场、电磁场、热场、机械场、风场 | 能量 | 弱可用 |
| | 传感器、信号等 | 信息 | 弱可用 |
| | 外部空间 | 空间 | 不可用 |

| | | |
|------------|--|--------|
| 技术冲突 (TC1) | IF 提高紫外线强度 (C+) | |
| | THEN 去残留效果好 (A1) BUT 果实变色严重 (B2) | |
| 技术冲突 (TC2) | IF 降低紫外线强度 (C-) | |
| | THEN 果实变色减轻 (A2) BUT 去残留效果差 (B2) | |
| TC选择 | ARIZ要求使冲突尖锐化，而不是缓和冲突，建议选择如何去加强有用功能的冲突，而不去选择如何去减少有害的冲突。 | 选取 TC1 |

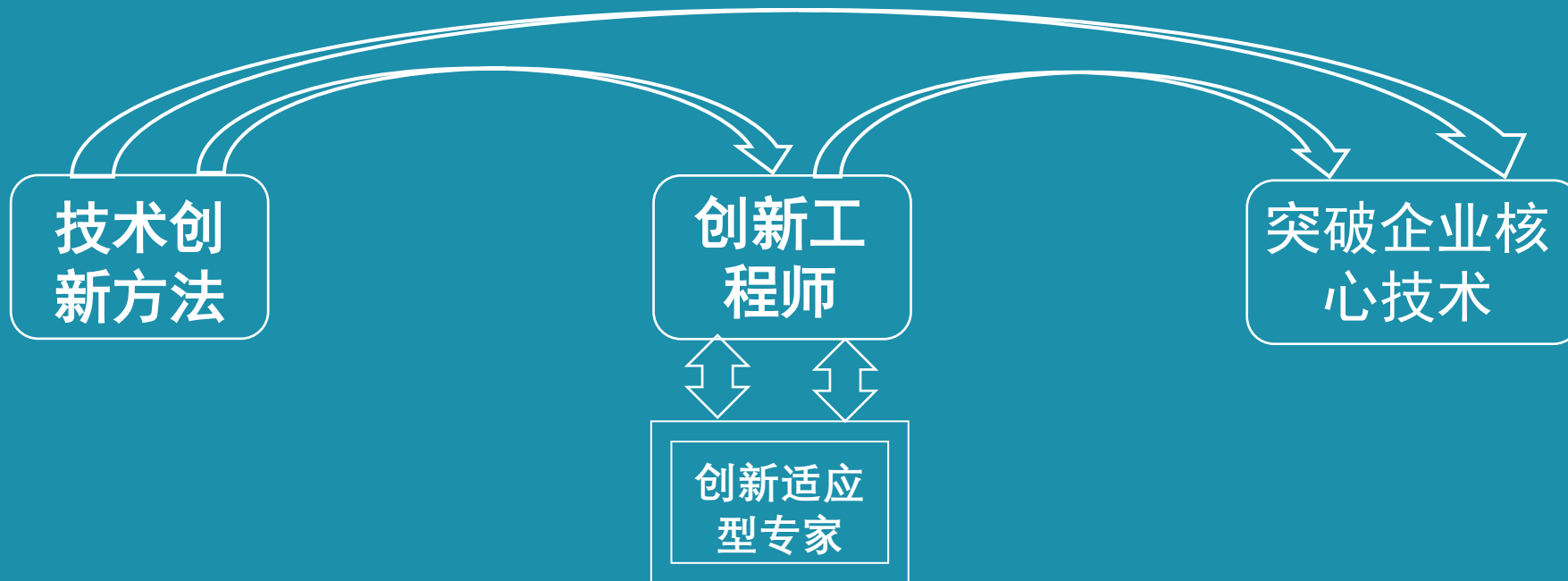


- 1 通过改变紫外灯的功率、强度、照射时间，选择最适宜的强度和照射时间，达到既降解了枸杞农药残留，枸杞颜色又没有明显变化的目的
- 2 增加一个振动装置，将枸杞照射床在紫外线照射时进行振动，使枸杞表面受紫外线照射均匀，色泽变化一致
- 3 改变系统所处环境温度，加热系统中枸杞的温度，温度升高之后，枸杞变软，枸杞内部的热量向外散发，加速枸杞表面的农药脱离附着，加快降解
- 4 在枸杞照射床上平铺着枸杞干果，为了避免强紫外线直接照射枸杞干果使枸杞干果快速变色，在枸杞干果上增加一个薄膜，有效阻止有害作用的发生
- 5 引入一个S6翻转装置，使枸杞在接受紫外线照射时，翻转装置不停的翻转枸杞，使枸杞表面受的照射均匀，延缓或者防止枸杞的变色
- 6 在系统中增加一个水蒸气的通入装置，在系统中增加水蒸气，枸杞表面的农药残留快速的与水蒸气结合
- 7 在系统中增加一个臭氧通入装置，使降解作用快速发生，避免枸杞变色
- 8 将大功率的紫外灯分割成小功率的多个紫外灯，固定在箱体的四周，使枸杞在各个方向都有紫外线照射，从而使紫外线照射更加均匀，缓解了枸杞变色
- 9 将大的枸杞照射床分割成多个小的枸杞照射床，分层平铺上枸杞，每层都装有紫外灯，使得枸杞铺的更薄，照射更均匀，降解更完全

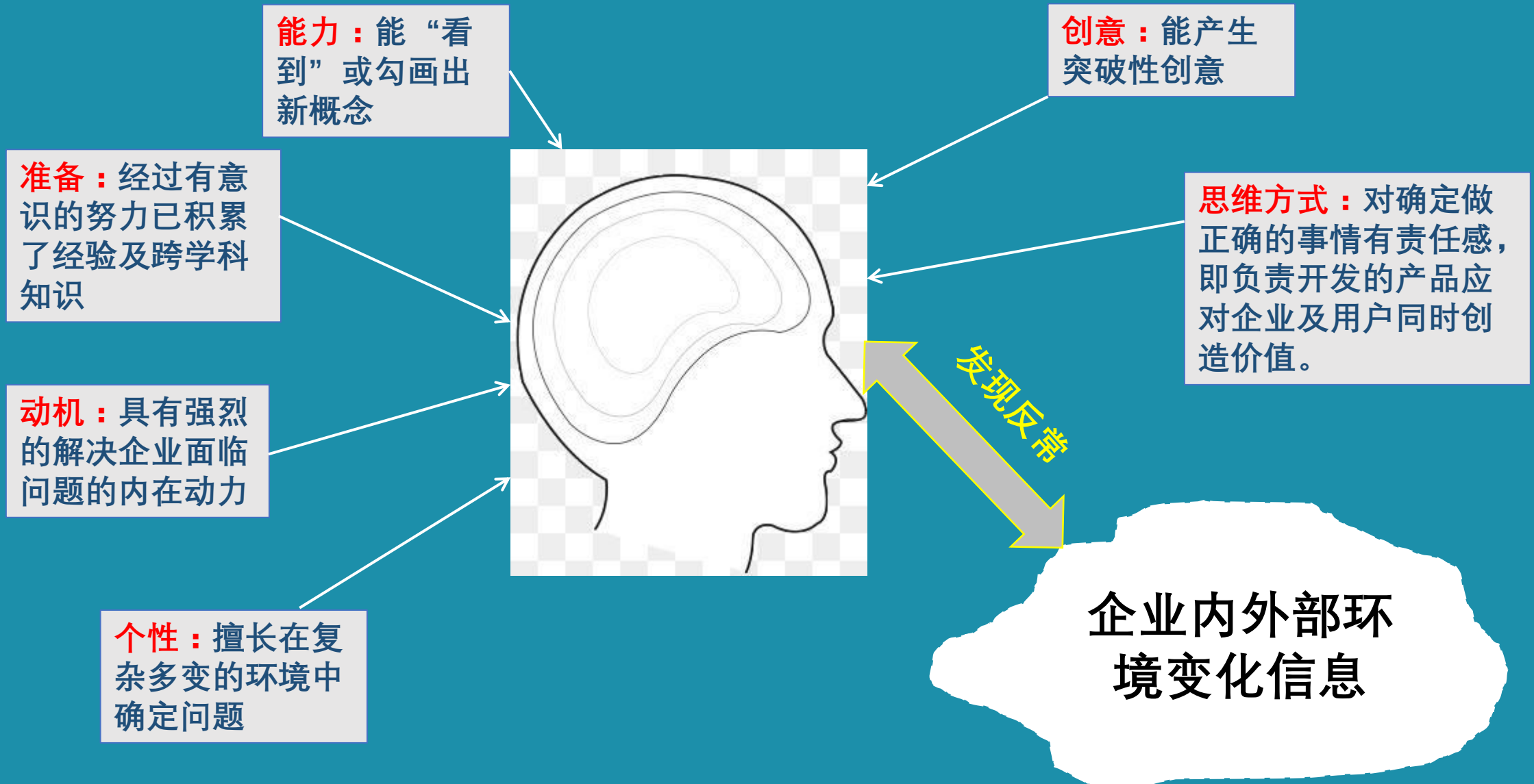
预期：年降解生产吡虫啉、啶虫脒农药残留超标枸杞干果2000吨，实现低农残枸杞销售1亿元人民币

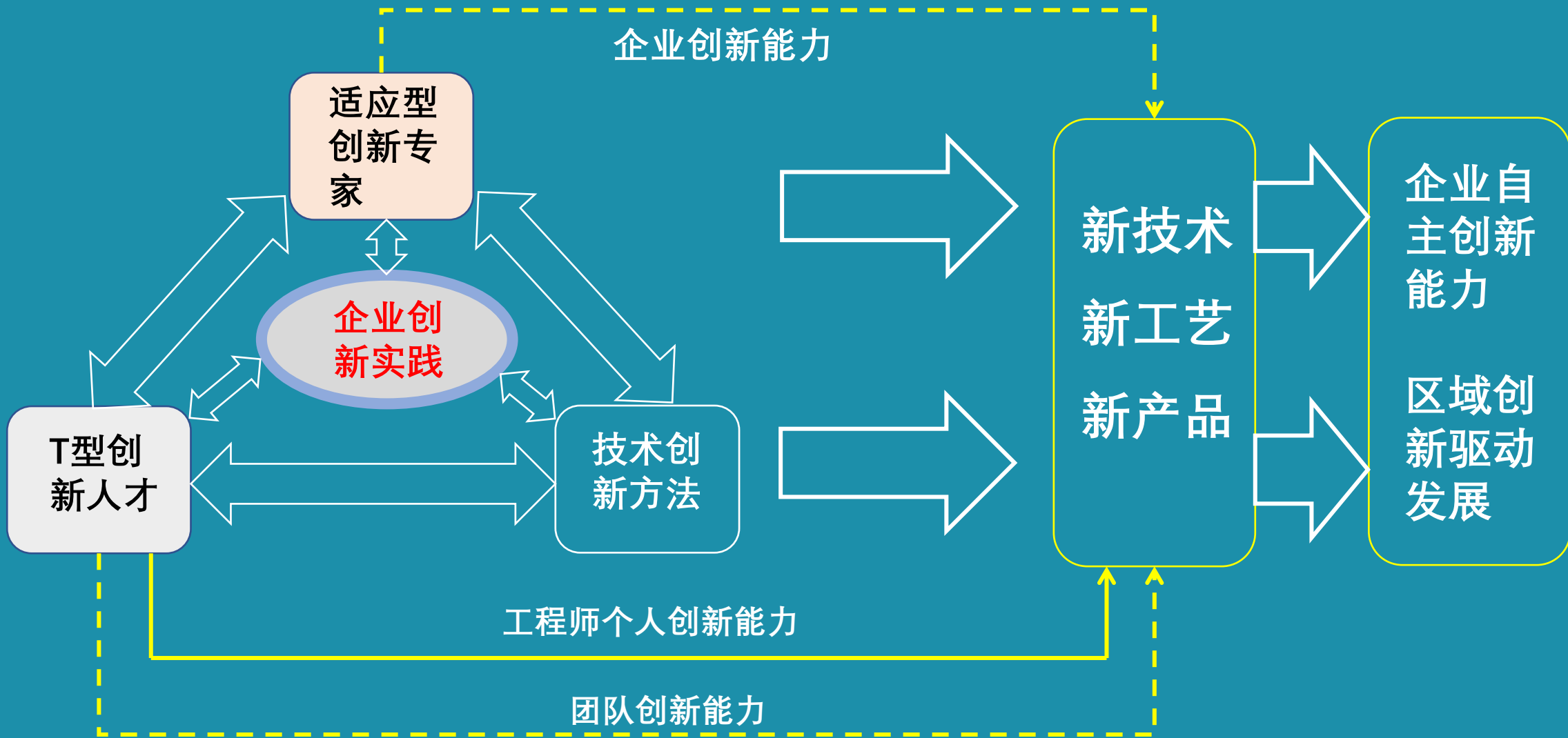
四. 小结

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





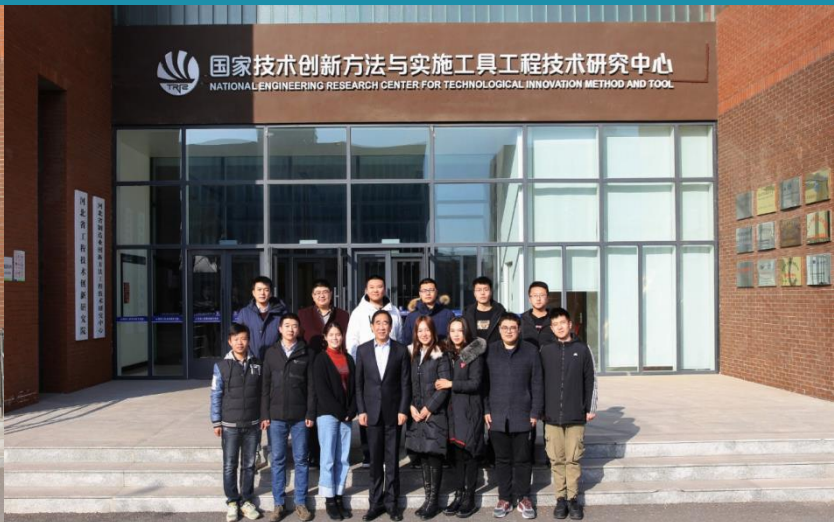
国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心：简介



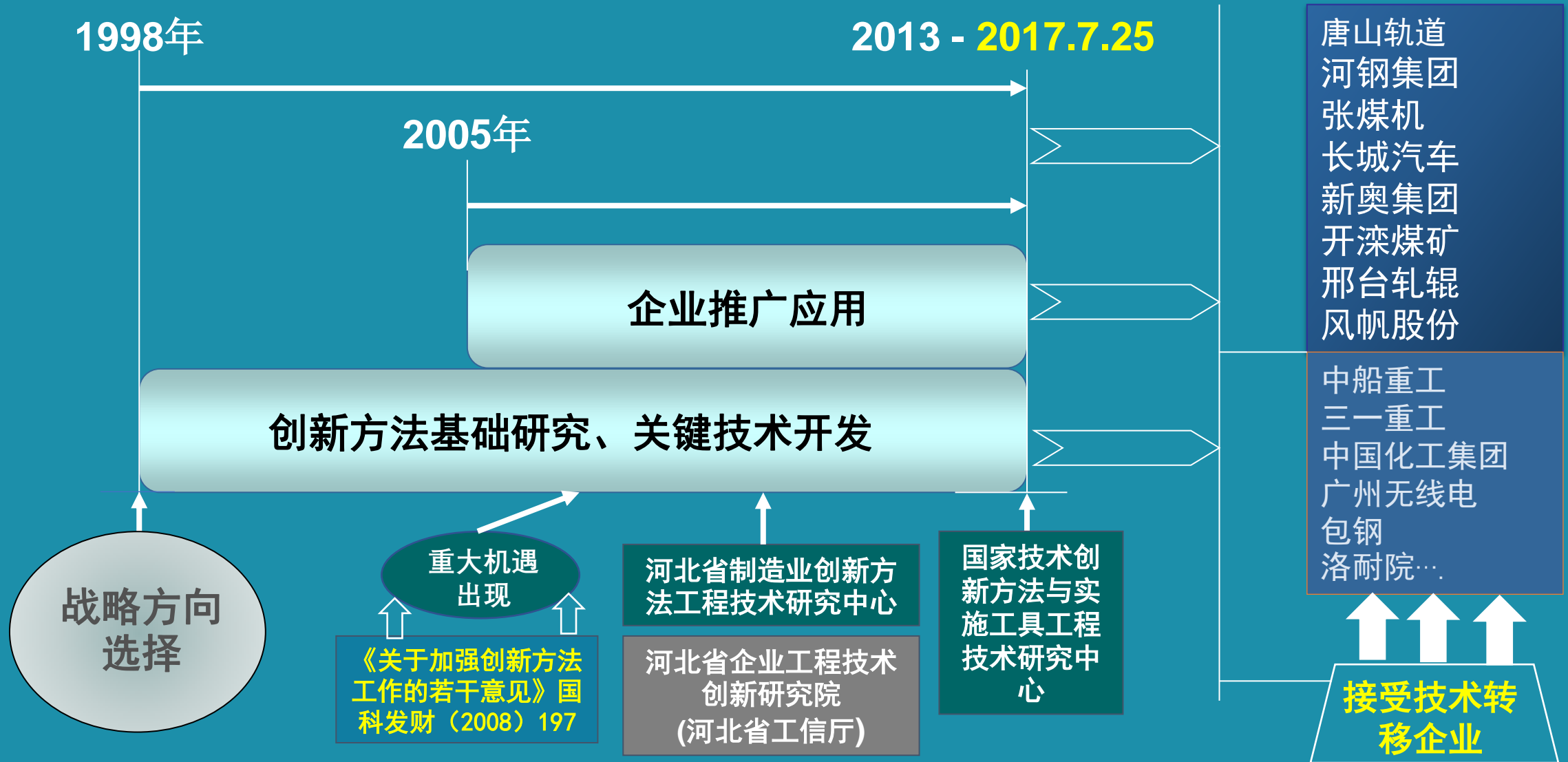
中心主任 1人
副主任 3人
专职秘书 2人
骨干研究人员 18人。
其中：教授6人、副教授10人、讲师2人，全部具有博士学位。

中心在读研究生123人。其中博士生18人，硕士生105人。分为机械工程、工业设计、管理科学与工程三个领域。

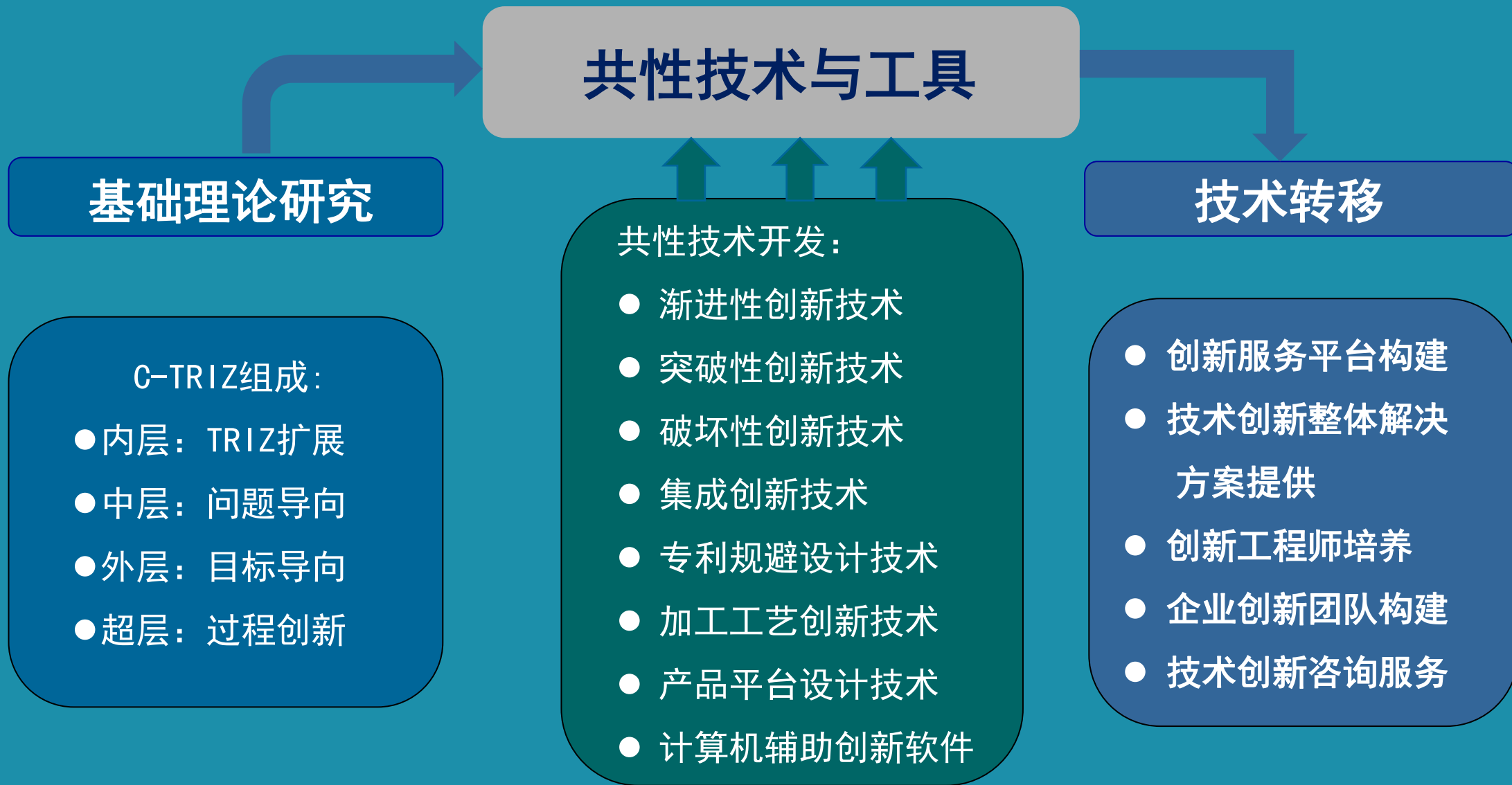
已经成为世界第一大技术创新方法（TRIZ）研究队伍。



国家工程技术研究中心简介：发展轨迹



中心技术创新方法研究与技术转移

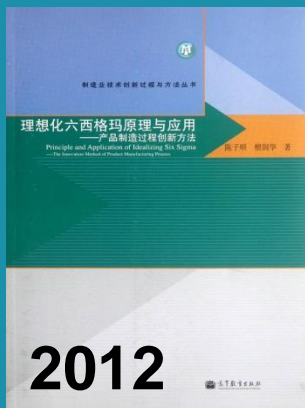


C-TRIZ : 发明过程解决理论——发展历程 (Theory of Inventive Process Solving)

工业界发明与创新的需求



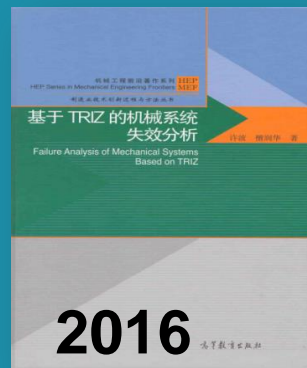
2010



2012



2014



2016



2016



2018



2020.3



2009



2002

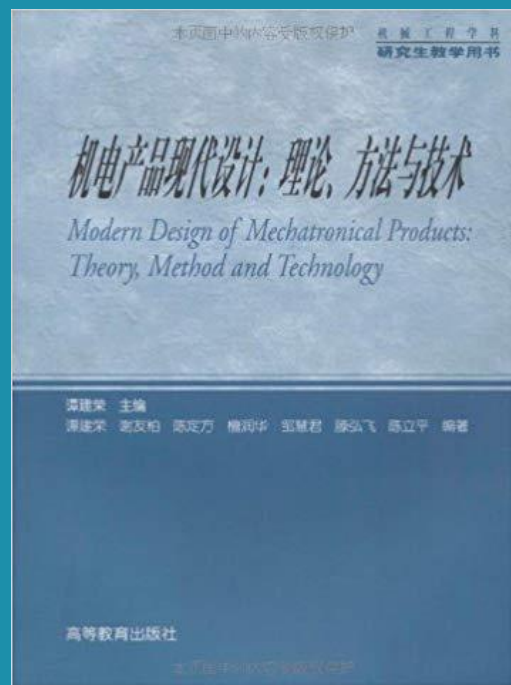
2004

中心参加国内重要著作的编写

21世纪经济管理精品教材



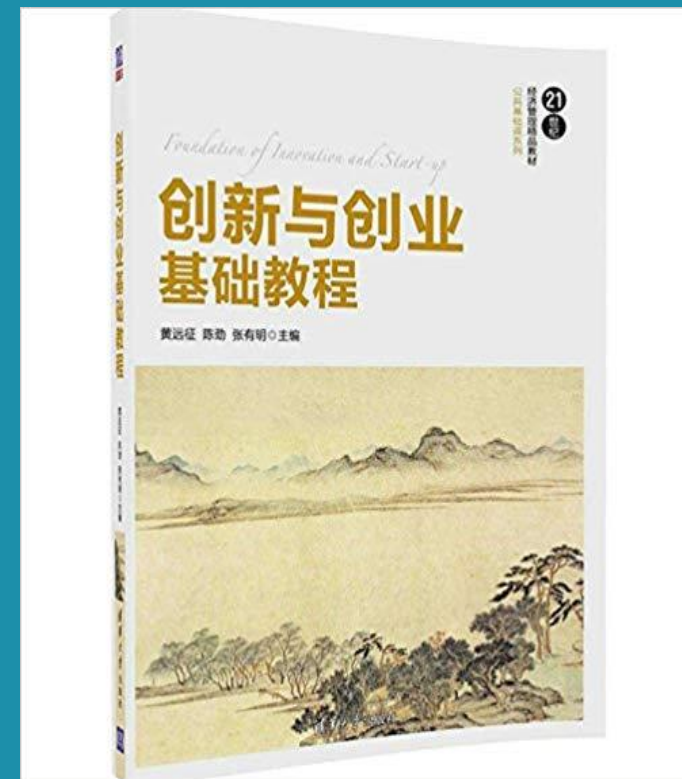
创新设计



机械工程研究生教材



中国TRIZ学派



创新与创业基础教程编委会

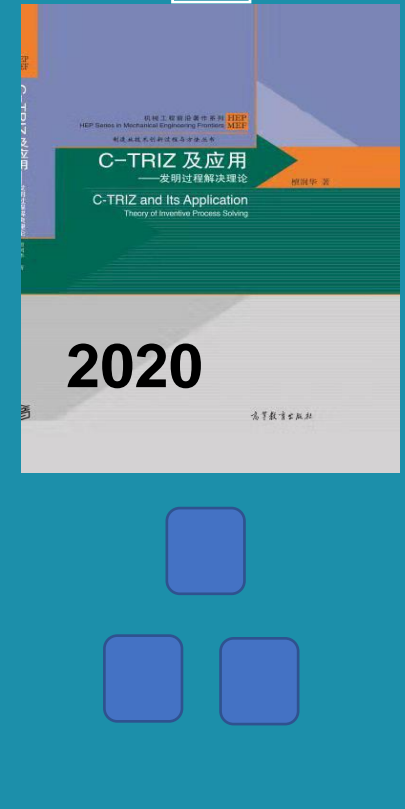
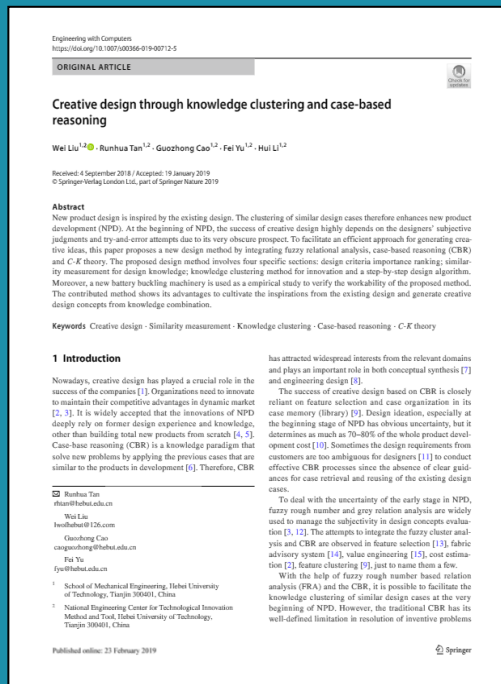
(排名按字母顺序)

主任: 瞿振元

副主任: 陈劲 陈永利 韩景阳 黄恒学 黄克瀛 李宝国
梅萌 曲池 申江婴 沈聪伟 檀润华 张彦春
张有明 周志成

C-TRIZ主要研究成果 (Theory of Inventive Process Solving)

工业界发明与创新的需求



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