

TRIZ：研究人地关系问题的一种新的理论与方法

孙峰华^{1,5}，朱传耿²，王振波³，孙东琪⁴

(1. 鲁东大学环渤海发展研究院，烟台 264025；2. 江苏师范大学城市与环境学院，徐州 221116；3. 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101；4. 南京大学建筑与城市规划学院，南京 210093；5. 山西师范大学城市与环境科学学院，临汾 041004)

摘要：我国地理学家认为应该加强人地关系问题的综合集成研究。目前我国人地关系问题研究，在技术设计解决问题上尚属空白，为此，引入 TRIZ。TRIZ 解决问题的基本观点有技术系统、技术矛盾、创新等级、理想状态；解决系统中矛盾问题的理论基础是技术系统演变的 8 个法则。TRIZ 解决问题的方法主要是使用分析工具和知识库，分析工具主要包括矛盾矩阵、物-场模型与标准解法、ARIZ、需求功能分析；知识库主要包括 40 个创新原理、解决矛盾问题的原则、76 个标准解、效应数据库。TRIZ 解决问题的程序主要是识别问题、选择工具和方法、解决矛盾问题的方案评估。以武汉市青山区为案例，探讨了 TRIZ 解决区域人地关系矛盾问题的思路、理论、方法和强大功能，构建了 TRIZ 理论解决区域人地关系问题的逻辑范式。结论指出，TRIZ 不仅适用于技术领域，也适用于非技术领域，将为今后人地关系问题研究提供一种新视野、新理论、新方法。

关键词：TRIZ；人地关系；理论；方法

文章编号：1000-0585(2012)10-1737-12

1 引言

人地关系问题不仅是人文地理学而且也是整个地理科学研究的永恒主题与核心^[1]。关于目前我国人地关系的研究，方创琳作了全面系统总结：①研究人地关系问题的视野从哲学思辨转向理性升华；②新型人地关系理论不断出现；③人地系统研究方法趋于多元化^[2]。上述视野、理论和方法，对于认识 and 解决人地关系问题都起了积极的作用。但是人地关系并不是简单的人与地理环境的关系，其具有区域性和系统性。正如吴传钧所言，人地关系地域系统是由地理环境和人类活动两个子系统交错构成的复杂的开放的巨系统，内部具有一定的结构和功能机制。是人与地在特定的地域中相互联系、相互作用而形成的一种动态结构^[3,4]。基于此，陆大道认为研究人地关系问题要加强综合集成研究^[5~7]。我们认为这里的综合集成研究，既包括理论、学科的集成，又包括技术、方法的集成。目前我国人地关系问题研究，在技术设计解决问题上尚属空白，笔者有幸参加了美国亿维讯公司关于 TRIZ 理论、技术和方法的培训学习，通过探究，认为 TRIZ 是解决人地关系具体问

收稿日期：2012-03-24；修订日期：2012-07-03

基金项目：国家自然科学基金资助项目（41171096）；国家社会科学基金特别委托项目（2007@ZH005）；国家软科学重大项目（2700ZXQ4D166）

作者简介：孙峰华（1957-），男，山东单县人，教授，国家创新方法研究会会员，主要从事人文地理的教学与研究。E-mail: sfhaaa@sina.com

题的一种创新性方法。

TRIZ 理论对于我国学术界而言还很陌生,知之者甚少。实际上,60 多年前 TRIZ 就诞生了。TRIZ 的涵义最初来源于俄文 теории решения изобретательских задач,首字母的缩写为“ТРИЗ”,按照“ISO/R9-1968E”的规定,把俄文转换成拉丁字母以后,就成为我们今天所看到的“TRIZ”^[8]。“TRIZ”英文的音译为 Teoriya Resheniya Izobreatatel'skikh Zadatch (or Theory of Inventive Problem Solving),缩写为“TRIZ”或“TIPS”,译成德文为 Theorie des erfinderischen Probleml,译成中文即“发明问题解决理论”。TRIZ 是由前苏联发明家根里奇·阿奇舒勒 (G. S. Altshuller, 1926. 10. 15~1998. 9. 24) 带领研究群体,自 1946 年开始,耗费 1500 人年的时间,在分析研究了世界各国 250 万件发明专利的基础上提出的^[9,10]。TRIZ 理论研究人类进行发明创造、解决技术难题过程中所遵循的哲学、科学原理和法则,曾经被称作前苏联的“国术”和“点金术”。20 世纪 80 年代中期前,TRIZ 理论研究仅封闭在前苏联范围内,此后,随着一批前苏联科学家移居美国等西方国家,才逐渐把 TRIZ 理论推向世界^[11]。TRIZ 理论传入欧美国家之后,主要应用于产品设计等传统技术领域。随着对 TRIZ 理论的深入研究,专家们逐渐发现,TRIZ 原理还可在企业管理、社会政治、经济、商贸、建筑、教育等非技术领域中的应用。目前已有诸多案例^[12~14]。在我国,钱学森先生早在 1987 年就提出工程技术在地理科学研究中的应用^[15]。最近几年,TRIZ 理论、技术和方法不仅引起我国学术界的关注,而且也引起我国政府部门的高度重视,国家科技部正面向全国积极推广 TRIZ 理论的普及和应用^[16]。鉴于此,本文尝试性把 TRIZ 引入到人地关系问题研究之中,其目的在于为人地关系问题研究提供一种新视野、新理论、新方法。

2 TRIZ 解决问题的基本原理与框架

2.1 TRIZ 解决问题的基本观点

TRIZ 解决问题的基本观点有 4 个,即技术系统、技术矛盾、创新(解决问题)等级、理想状态。TRIZ 认为,所有运行某个功能的事物均可称为技术系统,任何技术系统都包括一个或多个子系统,每个子系统执行自身功能,它又可分为更小的子系统,最简单的技术系统由两个元素以及两个元素间传递的能量组成。TRIZ 认为,当技术系统某个特性或参数得到改善时,常常会引起另外的特性或参数劣化,该矛盾称为技术矛盾。TRIZ 认为,在现代科技时代,创新(解决问题)的能力分为 5 级,而且级别越高,解决问题的难度越大(表 1)。

表 1 TRIZ 创新(解决问题)级别
Tab 1 Level of TRIZ innovation (or solve a problem)

| 级别 | 创新程度 | 解题比例/% | 知识来源 | 参考解的数量 | TRIZ 分析及求解方法工具 |
|----|---------|--------|----------|---------|-------------------|
| 1 | 常规问题 | 32 | 个体知识 | 10 | 一般常规方法 |
| 2 | 一定难度问题 | 45 | 群体知识 | 100 | 40 项发明原理,解决技术上的矛盾 |
| 3 | 较大难度问题 | 18 | 专业学科知识 | 1000 | 76 个标准解解决物理上的矛盾 |
| 4 | 困难问题 | 4 | 专业学科以外知识 | 100000 | ARIZ 算法逻辑推理最终解决问题 |
| 5 | 前所未有的问题 | 1 | 所有已知的知识 | 1000000 | 无明确方法可循 |

由表 1 可以看出,第 1 级与第 5 级的创新(解决问题),应该排除在 TRIZ 应用方法

之外。创新(解决问题)的级别越高,使用的工具和方法也越具威力性,每一级别的创新(解决问题)也都有它自己定义的方式和解决问题的工具及方法。

TRIZ 认为,系统是朝着不断增加的理想状态进化,系统的理想化用理想度测量,其表达式为:

$$I = \sum F_U / (\sum F_C + \sum F_H) \quad (1)$$

式中, I 为理想度; $\sum F_U$ 为有用功能之和; $\sum F_C$ 为成本之和(如物质成本、时间、空间、资源、复杂度、能量、重量等); $\sum F_H$ 为有害功能之和。

通过理想化定义问题的最终理想解(ideal final result, IFR),最终理想解的确定是问题解决的关键所在,很多问题的 IFR 被正确的理解并描述出来,问题就直接得到了解决。TRIZ 认为,系统没有达到理想状态时,其都有可用资源,这些资源可分为 8 类,即:自然或环境资源、时间资源、空间资源、系统资源、物质资源、能量/场资源、信息资源、功能资源。

2.2 TRIZ 结构体系

为了解决系统中的冲突问题(矛盾),TRIZ 建立了一系列的理论和方法,大致分为两大类:TRIZ 理论基础、TRIZ 创新(解决问题)方法。

2.2.1 TRIZ 理论基础 TRIZ 在“生物进化论”、“社会进化论”和“技术进化论”的基础上,阐述了技术系统演变的 8 个法则(或模式),即:①技术系统的 S 曲线进化法则(技术系统演变象生物一样遵循产生、成长、成熟和衰退的生命周期);②技术系统的提高理想度法则(技术系统演变趋势是提升理想状态);③子系统不均衡进化法则(矛盾问题的产生是由于系统中子系统开发的不均匀性);④子系统协调性进化法则(技术系统向其子系统各参数相协调、系统参数与超系统参数相协调的方向发展进化);⑤增加集成度再进行简化的法则(技术系统首先向复杂化演进,然后通过集成向简单化发展);⑥向微观级和场应用的进化法则(从宏观系统向微观系统转变,即向小型化和增加使用能量场演进);⑦技术向增加动态性和可控性发展(技术系统的进化应向结构柔性、可移动性、可控性增加的方向发展,以适应环境状态的变化);⑧向自动化方向进化法则(向增加自动化减少人工介入演变^[17])。技术进化模式与进化路线具有可传递性,因此,技术系统演变的 8 个法则(或模式),不仅能预测技术的发展,而且还能展现预测结果实现的产品可能的结构状态,对于产品创新设计具有重要的指导作用^[18],对研究人地关系问题也有重要的指导意义。

2.2.2 TRIZ 创新(解决问题)方法 TRIZ 创新(解决问题)方法主要使用两种工具,即分析工具和知识效应库。

2.2.2.1 分析工具

(1) 矛盾矩阵

Altshuller 通过对大量发明专利分析、比较、研究、统计,归纳出有 39 个参数改进或劣化以及 40 个创新(解决问题)原理(目前欧美学者提出了一些新参数、新原理^[19]),每个问题可以描述为 39 个参数中任意 2 个参数间的冲突,40 个创新(解决问题)原理可用于解决这些问题。将工程参数的矛盾与创新原理建立起对应关系,就构成了矛盾矩阵^[20],见表 2。矩阵中行的参数是恶化的参数,列中的参数是改善的参数,值得注意的是并不是每 2 个参数都构成矛盾。根据这一原理完全可以构建人地关系地域系统矛盾矩阵。

表 2 TRIZ 中的矛盾矩阵
Tab 2 Contradiction matrix in TRIZ

| 改善参数 \ 恶化参数 | | 1 | 2 | 3 | ... | 39 |
|-------------|-----------|----------------|----------------|----------------|-----|----------------|
| | | 运动物体重量 | 静止物体重量 | 运动物体长度 | ... | 生产率 |
| 1 | 运动物体重量 | + | — | 15, 8, 29, 34, | ... | 28, 10, 29, 35 |
| 2 | 静止物体重量 | — | + | — | ... | 28, 35, 10, 23 |
| 3 | 运动物体长度 | 8, 15, 29, 34, | — | + | ... | 13, 23, 15 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 31 | 物体产生的有害因素 | 19, 22, 15, 39 | 35, 22, 1, 39 | 17, 15, 16, 22 | ... | 22, 35, 18, 39 |
| 39 | 生产率 | 8, 36, 38, 31 | 19, 26, 17, 27 | 1, 10, 35, 37 | ... | + |

(2) 物—场模型与标准解法

G. S. Altshuller 总结和演绎出许多实用的分析问题的工具^[21]，物—场模型是其中非常重要的一种。任何一个系统经过分解后，其底层的功能都可以分解为物质 1、物质 2 和场 3 个基本元素，3 个基本元素进行有机结合将形成一个功能。表达一个系统的功能通常用简单的三角形形式，下面的两个角通常分别表示两种物质，上面的一个角通常表示场，场通常表示物质之间的相互作用或效应。一个复杂的系统，经过分解后，可以用多个三角形模型表示，见图 1。

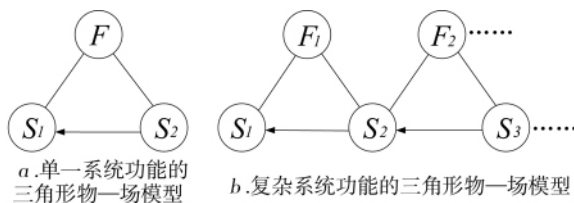


图 1 物—场模型

Fig. 1 Substance—field model

各种技术系统问题及其变换都可用物—场模型的相互作用形式描述，将这些变化的作用形式归纳总结后，就形成了创新（解决问题）的标准解法。标准解法系统中包括了 76 个标准解法，共分 5 级，18 个子级。各级中解法的先后顺序也反映了技术系统问题必然的发展过程 and 方向。人地关系地域系统问题及其变化也可用物—场模型的相互作用形式描述。

(3) ARIZ

对于某些复杂问题，不能直接依靠矛盾矩阵或物—场模型分析解决，必须对其分步进行分析并构建矛盾。ARIZ (algorithm for inventive-problem solving) 即发明创新问题解决算法，是为复杂问题提供简单化解决方法的逻辑结构化过程，是 TRIZ 的核心分析工具^[22]。它随着时间推移，出现了多个版本，主要的有 1977 年、1985 年和 1991 年几个，各版本之间差异在于设计步骤数目不同。目前 85 版和 91 版均包括 9 个步骤：①问题分析（识别并对问题公式化）；②问题模型分析（构建用来解决系统问题的空间、时间、物、场等可用资源）；③定义理想状态；④运用物—场资源；⑤应用知识库（向效应数据库寻求类似的解决方法）；⑥转化或替代问题（根据创新原则或分隔原则解决技术或物理矛盾）；

⑦原理解评价（从物一场模型出发，应用知识库工具获得多个解决方法）；⑧原理解最大化（评价该方法是否可以应用于其他类似的问题）；⑨解决方案的专家分析（对修正完毕的系统进行分析防止出现新的缺陷）^[23,24]。

（4）需求功能分析

需求功能分析是应用知识效应库寻求解决系统功能问题的首要方法。需求处于进化状态，这种进化受客观规律支配，可归纳为 5 条需求进化定律：①需求进化理想化；②需求进化动态化；③需求进化协调化；④需求进化集成化；⑤需求进化专门化。在很多情况下，需求进化理想化通过需求进化动态化、集成化及专门化实现，后 3 者又经常通过需求进化协调化实现^[25]。

2.2.2.2 知识库

（1）40 个创新原理

为了解决表 2 矛盾矩阵中每对参数构成的矛盾，TRIZ 提供了 40 个解决这些矛盾的创新原理，见表 3。由表 3 可知，表 2 中恶化参数 3 和改善参数 39 组成的矛盾有 4 个解决原理：1—分割；10—预先作用；35—改变参数；37—热膨胀。

表 3 TRIZ 的 40 个创新原理
Tab 3 40 innovation theories in TRIZ

| 序号 | 原理名称 | 序号 | 原理名称 | 序号 | 原理名称 | 序号 | 原理名称 |
|----|-------|----|----------|----|-------------|----|-------|
| 1 | 分割 | 11 | 事先防范 | 21 | 减少有害作用的时间 | 31 | 多孔材料 |
| 2 | 抽取 | 12 | 等势性 | 22 | 变害为利 | 32 | 改变色彩 |
| 3 | 局部质量 | 13 | 反向作用 | 23 | 反馈 | 33 | 均质化 |
| 4 | 增加不对称 | 14 | 曲面化 | 24 | 借助中介物 | 34 | 抛弃与再生 |
| 5 | 组合 | 15 | 动态特性 | 25 | 自服务 | 35 | 改变参数 |
| 6 | 多样性 | 16 | 未达到或过度作用 | 26 | 复制 | 36 | 相变 |
| 7 | 嵌套 | 17 | 空间维数变化 | 27 | 廉价代替品 | 37 | 热膨胀 |
| 8 | 重量补偿 | 18 | 机械振动 | 28 | 机械系统替代 | 38 | 强氧化 |
| 9 | 预先反作用 | 19 | 周期性作用 | 29 | 气压和液压结构 | 39 | 惰性环境 |
| 10 | 预先作用 | 20 | 有效作用的连续性 | 30 | 柔性壳体 and 薄膜 | 40 | 复合材料 |

（2）解决矛盾问题的原则

系统中的各种矛盾一般可归为三类，即：物理矛盾、技术矛盾、管理矛盾。解决物理矛盾时，遵循空间、时间、条件分离和整体与部分相分离的四个原则；解决技术矛盾时，遵循利用矛盾冲突矩阵规律，39 个工程参数、40 条发明原理；解决管理矛盾时，遵循解决子系统的物理或技术矛盾的思维方式并借助知识效应库辅助。

（3）76 个标准解

为了构建物一场模型并解决基于技术系统演化模式的标准问题，TRIZ 提出了 76 个标准建模和解决方法（略），并将其分为 5 类：①建立或破坏物一场；②开发物一场；③从基础系统向高级系统或微观等级转变；④度量或检测技术系统内一切事物；⑤描述如何在技术系统中引入物一场。解决矛盾问题，要根据物一场模型识别问题的类型，然后选择相应的标准方法集。

（4）效应数据库

所谓效应是指在有限环境下,一些因素和一些结果而构成的一种因果现象,除在科技领域广泛应用外,多用于对一种自然现象和社会现象的描述。

1965~1970年,Altshuller带领其研究团队,以“从技术目标到实现方法”逻辑思维方式研制开发了效应数据库。根据物—场模型需求实现的基本功能(技术目标),能容易地从效应数据库中选择所需求的实现方法。知识库和分析工具的区别在于知识库是在解决问题过程中提供转换系统的方法,而分析工具是帮助分析问题和提出问题。

2.3 TRIZ 创新(解决问题)的程序

2.3.1 识别问题 TRIZ 创新(解决问题)分析设计的第一步是识别问题的属性,是技术矛盾问题、物理矛盾问题,还是管理矛盾问题。对系统问题、理想状态、系统环境等进行识别,常用的方法是 ISQ(系统环境调查表)的“5W1H”^[20]: ① Who,谁有问题? ② What,问题是什么? 相关资源是什么? ③ When,问题是什么时间、什么环境出现的(确认是否是运行前还是运行中、运行之后发生,以及可用的时间资源)? ④ Where,问题发生在何处(确认矛盾冲突产生的区域)? ⑤ Why,问题产生的原因是什么(分析技术系统的功能,建立物—场模型)? ⑥ How,问题是怎样发生的(找出问题发生的根源)?

2.3.2 选择工具和方法 选择具体的工具和方法,需要根据系统分析、物—场模型分析得出的具体问题来决定。如是物理矛盾问题,可按照分离的4个原则决定解决方法;如是技术矛盾问题,可应用矛盾矩阵、39个工程参数和40个创新原理决定解决方法;如是管理矛盾问题,则按照解决子系统的物理或技术矛盾的思维方式并借助知识库辅助决定解决方法。

2.3.3 解决矛盾问题的方法评估 借助知识库可找出多种解决系统矛盾问题方法,哪些方法最实用,需要对其进行评价,评价标准是否达到理想状态和理想最终结果(Ideal Final Result, IFR)。另外,一个问题解决可能会导致新的问题产生,新问题需要同样的步骤进行解决。因此 TRIZ 设计是个重复循环的过程^[26]。

目前在国内外已经有了不少的 TRIZ 软件,如 InventionTool 2.0 软件,亿维讯集团开发出了 Pro/Innovator 软件, TechOptimizer 软件, TriSolver4.net 软件, TRIZ Explorer 软件等^[24],借助这些软件,利用计算机技术和 TRIZ 原理,更能便捷有效地解决各类矛盾问题^[28,29]。

3 TRIZ 在研究人地关系问题中的应用

3.1 TRIZ 对人地关系地域系统矛盾问题的识别

3.1.1 矛盾问题界定 吴传钧认为,人地关系问题是一个复杂的人地关系地域系统问题^[3,4],根据 TRIZ 原理的发散思维可以想象到,人地关系地域系统是一个具有地域性、层次性、动态性、协调性、人本性、复杂性、矛盾性、结构性、功能性、开放性的巨型系统,这就决定了人地关系地域系统问题是各种各样的复杂矛盾问题集成的系统。由于这种矛盾问题集成系统的上述特性,不可能构建一种综合模式或公式,采用一种原理或方法,把人地关系中的问题一次全部解决,还必须按照矛盾问题集成系统构成的规律性,分解成具体问题进行逐一解决。依据 TRIZ 原理可构建出人地关系矛盾网络系统,见图2。

以第五层次“人口数量”要素为例,人口数量与任何一个要素结合都可能构成一对简单的矛盾(注意,并非任意两个要素结合就一定构成矛盾),与两个以上要素结合就会构成复杂矛盾,结合的要素越多,构成的矛盾越复杂。图2中两要素之间的连线“——”就

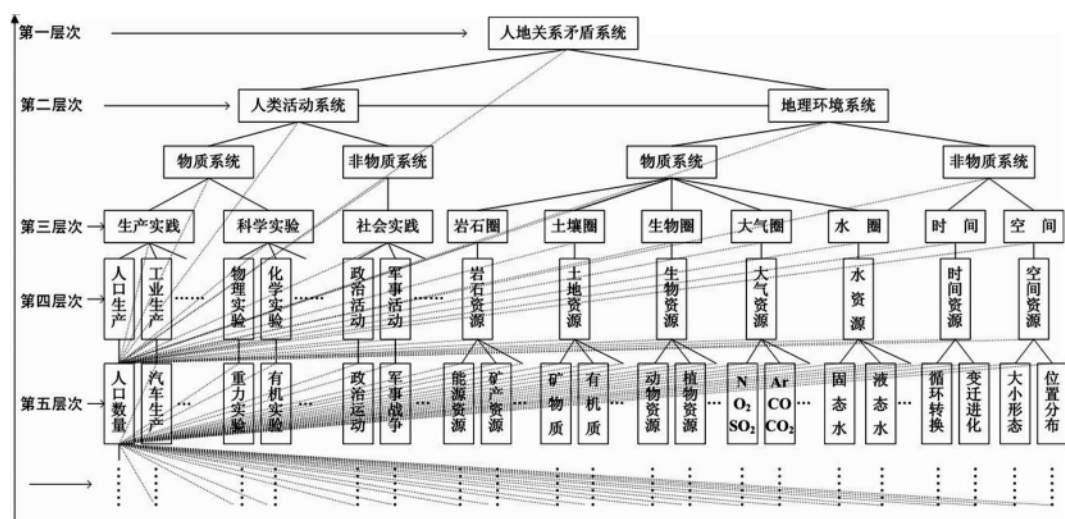


图 2 人地关系矛盾网络系统

Fig 2 Network system of man-land relationship contradiction

代表一对矛盾，每两个要素之间都有直接或间接的联系，因此，就构成了人地关系复杂的矛盾集成网络系统。其他要素也是如此，不再一一画线。

人地关系地域系统中的矛盾多种多样，用 TRIZ 界定大致可以分为 3 类，即物理矛盾、技术矛盾和管理矛盾。

在人地关系地域系统中，一个系统要求一个参数向相反方向变化时，就构成了“物理矛盾”。如在一定区域的人口与空间系统中，人口要生活得舒适一些，需要生存空间尽可能大一些，为了节约土地资源保护生态平衡，需要生存空间尽可能小一些；人口要生活得富裕一些，需要大量开采矿产资源，为了保持环境的原生态使其持续发展，需要减少开采矿产资源，特别是不可再生资源。这些都是人地关系地域系统中物理矛盾的具体体现。

在人地关系地域系统中，一个系统当某个特性或参数得到改善时，常常会引起另外的特性或参数恶化，就构成了“技术矛盾”。如一个功率一定的化工生产厂，要提高生产率，排放环境中的“三废”必然增多，必然引起环境恶化，若要减少“三废”的排放改善环境，必然要降低生产率，这就构成了技术问题。

在人地关系地域系统中，即使各子系统已经处于良好的运行状态，但是由于子系统之间产生不利的相互作用、相互影响，使整个系统产生问题，就构成了“管理矛盾”。如一定区域的人类农业生产活动系统和农业生产环境系统，就该两系统而言，都运行良好。但人们为了提高农产品的单产量，过量使用化肥，使土壤中的化肥含量超过了土壤环境的自净化能力，使土壤受到污染并产生板结，这种农业生产活动系统给农业生产环境系统带来副作用。反过来，农业生产环境系统的副作用又对人类农业生产活动系统产生副作用，使农产品受污染质量下降，不仅降低了农产品价格，减少了农业生产效益，而且还影响到人体健康。这就构成了管理矛盾问题。

3.1.2 使用“5W1H”方法识别矛盾问题 ISQ（系统环境调查表）的“5W1H”是对系统问题、理想状态、系统环境等进行识别的常用方法，其应用程序上面已经描述，这里不再赘述，其具体应用放在下面的案例中。

3.2 TRIZ 在解决人地关系地域系统矛盾问题中的具体应用

3.2.1 应用背景 2008 年 11 月 7 日《经济参考报》报导:统计资料显示,2006 年,武汉市青山区能源消耗总量 1170 万吨标准煤,约占武汉市的 37%;其工业废水排放量、固体废弃物产生量、工业废气排放量分别占武汉市的 66%、73%和 76%。该区的戴家湖不仅被填平,粉煤灰还高出地面十几米,“戴家湖”成了“戴家山”。这里蓝天几乎见不到,平时在家不敢开窗,只要风吹来,满屋都是水泥灰。青山区成了武汉市生态环境污染最严重的地区,人地关系地域系统严重失衡。为了便于认识、理解、把握 TRIZ 在解决人地关系问题中的应用,基于此案例,用 TRIZ 解决矛盾问题的基本原理,分析阐释 TRIZ 解决区域人地关系矛盾问题的思路、理论、方法和强大功能。

3.2.2 问题描述 根据应用背景,可以对武汉市青山区人地关系地域系统严重失衡问题进行描述。武汉市青山区生态环境污染问题,主要是工业企业粗放型经营生产,“三废”生产量和排放量逐日增加,超过了生态环境的吸纳自净能力而形成的,破坏了青山区的生态平衡,影响了人们的身心健康。在这一问题的形成过程中,不是单一因素造成的,而主要是由工业企业排放的废水、废渣、废气和生态环境共同作用形成的。在粗放型经营生产状况下,越提高生产率,“三废”的生产量就越大,排放到生态环境中的“三废”就越多,生态环境污染问题就越严重,反之,则反之。

3.2.3 问题分析 根据以上对问题的描述,青山区在粗放型经营生产状况下,从生产效率角度讲,要保持或提高生产率,排放环境中的“三废”必然增多,必然引起生态环境恶化;若要改善保护生态环境,必须减少或不排放“三废”,这必然引起生产率降低,这就构成了技术矛盾。从排放的“三废”与青山区生态环境之间的相互作用关系看,排入生态环境的“三废”越多,生态环境的自净能力就越低,反之,其自净能力就越强,越有利于维持生态平衡,这就构成了物理矛盾。从青山区的企业生产系统和生态环境系统之间的副作用相互作用看,为了提高生产效率,大量排放“三废”,这种副作用造成生产环境系统恶化,给生产环境系统带来副作用。反过来,生产环境系统恶化不仅影响到人体健康,而且还可能降低产品质量,从而降低产品价格,减少生产效益,这就构成了管理矛盾。如果把“三废”看成一体,进行简单的物-场模型分析即可,如把“三废”看成是废水、废渣、废气三个要素,须进行复杂的物-场模型分析。这里把“三废”视为一体作为污染环境的物质,进行分析解决武汉市青山区人地关系中的技术矛盾问题(暂不考虑其他矛盾问题)。

提高生产效率,获得高额利润是青山区企业追求的目标。保护生态环境,维护生态平衡,可持续发展是青山区社会群体共同追求的目标。采取怎样的一种方案才能做到既能够减少或不排放有害物质“三废”,保护其生态环境,使人地关系地域系统和谐发展,又能保持或提高青山区企业的生产效率。

3.2.4 问题解决

3.2.4.1 将一般领域问题转换为 TRIZ 标准问题

既能保持或提高青山区企业的生产效率,又能够减少或不排放有害物质“三废”,保护其生态环境,使人地关系地域系统和谐发展。根据对技术矛盾的描述,将该技术矛盾转化为 39 项工程参数中的 2 项。

工程参数 31 号物体产生的有害因素:指使物体或系统的功能、效率,或质量降低的有害作用,这些有害作用一般来自物体或者与其操作过程有关的系统。在此问题中,减少

或排放有害物质“三废”,为改善的参数。

工程参数 39 号生产率:指在单位时间内,系统执行的功能或者操作的数量;或者完成某一功能或操作所需时间,以及单位时间的输出;或者单位输出的成本等。在此问题中,生产率的提高,意味着有害物质“三废”的增加,为恶化的参数。

3.2.4.2 根据确立的工程参数确定解决问题需要的创新发明原理

根据得到的两个工程参数改善参数 31 号和恶化参数 39 号,查阅矛盾矩阵(表 2)得到 4 个创新(解决矛盾问题)原理:18 号、22 号、35 号、39 号。

(1) 18 号机械振动原理:①使物体振动;②如果已在振动,则提高它的振动频率(达到超声波频率);③利用共振频率;④用压电振动器替代机械振动器;⑤利用超声波振动同电磁场配合。

(2) 22 号变害为利原理:①利用有害因素(特别是介质的有害作用)获得有益的效果;②通过有害因素与另外几个有害因素的组合来消除有害因素;③将有害因素加强到不再是有害的程度。

(3) 35 号改变物理或化学参数原理:①改变聚集态(物态);②改变浓度或密度;③改变柔度;④改变温度。

(4) 39 号惰性环境原理:①用惰性环境代替通常环境;②使用真空环境。

综合分析以上 4 条创新(解决矛盾问题)原理,其中 18 号机械振动原理、35 号改变物理或化学参数原理对该问题的彻底解决指导意义不大,39 号惰性环境原理对该问题的彻底解决有一定指导意义,但技术难度和成本投入较大,不易实施,而 22 号变害为利原理是解决该问题最有价值的创新(解决矛盾问题)原理。

3.2.4.3 TRIZ 解的类比应用得到问题的最终解

为了减少“三废”对环境的污染,改进生产工艺降低“三废”的排放量是必要的。但即使如此,也不能从根本上解决问题。由 22 号变害为利原理解释“利用有害因素(特别是介质的有害作用)获得有益的效果”,类比想到把“三废”作为原料生产有用的产品:①废渣(冶金渣、粉煤灰和煤矸石……),通过向应的工艺技术,可用于生产水泥、普通砖、保温隔热耐火砖、胶凝材料原料和轻集料……。②废水(石油化学、煤炭化学、酸碱、化肥、塑料、制药、染料、橡胶工业……等排出的生产废水),通过生物处理技术与膜分离技术相结合的新工艺技术,可生产出不同用途的水。③废气(有机废气、粉尘废气、酸碱废气、异味废气……),通过活性炭吸附法、催化燃烧法、催化氧化法、酸碱中和法、等离子法、回收再利用等技术方法,不仅可以除去废气中的有害物质使其变为清洁气体,还可以回收作为其他用途再利用。这样既解决了青山区人地关系地域系统中“三废”对环境的污染问题,又得到有用的产品,促进了循环经济的发展,可谓是一举两得。

4 TRIZ 解决人地关系地域系统矛盾问题的逻辑范式

上面仅利用 TRIZ 解决武汉市青山区人地关系地域系统中“三废”对环境污染问题的设计方案,因问题属标准问题,比较简单明了,不需要使用 TRIZ 复杂的运算技术。如果要解决青山区人地关系地域系统中情境复杂、矛盾及其相关要素不明确的技术系统、物理系统、管理(调控)系统问题,则需要应用 ARIZ——发明问题解决算法甚至结合其他方法来解决矛盾。通过 TRIZ 理论在武汉市青山区案例中的应用设计以及在其他领域中的应用研究^[30~33],可构建出 TRIZ 理论解决区域人地关系地域系统问题的逻辑范式(图 3)。

早在 2002 年就提出开展人地关系地域系统的参数研究, 完全可以根据 TRIZ 原理, 构建人地关系地域系统矛盾矩阵, 用于解决人地关系问题。对复杂模糊不清的人地关系地域系统矛盾问题, 同样可以借鉴 TRIZ 原理中的 ARIZ 九步原理开展研究。

(4) TRIZ 理论作为一种成熟可靠的创新方法, 已经在工程技术领域得到广泛应用, 不仅如此, 在管理、社会政治、经济、商贸、建筑、园林规划、教育等非技术领域中的应用案例越来越多。因此, 可以断定: TRIZ 分析解决矛盾问题的哲学思维、基本原理、工具和方法论, 将为研究人地关系问题提供一种新视野、新理论、新方法, 在今后的人地关系问题研究中将发挥越来越重要的作用。

参考文献:

- [1] 葛全胜, 吴绍洪, 朱立平. 21 世纪中国地理学发展的若干思考. 地理研究, 2003, 22(4): 406~415.
- [2] 方创琳. 中国人地关系研究的新进展与展望. 地理学报, 2004, 59(增刊): 21~32.
- [3] 吴传钧. 论地理学的研究核心——人地关系地域系统. 经济地理, 1991, 11(3): 1~4.
- [4] 郑度. 21 世纪人地关系研究前瞻. 地理研究, 2002, 21(1): 9~13.
- [5] 陆大道, 郭来喜. 地理学的研究核心: 人地关系地域系统——论吴传钧院士的地理学思想与学术贡献. 地理学报, 1998, 53(2): 97~105.
- [6] 陆大道. 关于地理学的“人—地系统”理论研究. 地理研究, 2002, 21(2): 135~145.
- [7] 叶岱夫. 人地关系地域系统与可持续发展的相互作用机理初探. 地理研究, 2001, 20(3): 307~314.
- [8] 赵敏, 史晓凌, 段海波. TRIZ 入门及实践. 北京: 科学出版社, 2009.
- [9] Altshuller G S. And suddenly the inventor appeared. Technical Innovation Center, INC., Worcester, 1996.
- [10] The Innovation Algorithm, TRIZ. Systematic innovation and technical creativity. Technical Innovation Center, INC., Worcester, 1999.
- [11] 王亮申, 孙峰华. TRIZ 创新理论与应用原理. 北京: 科学出版社, 2010, 1~254.
- [12] Altshuller G S. Ideation Research Group. TRIZ in progress. Ideation International, Inc., Southfield, Mich., 1999.
- [13] Colombo G, Pugliese D. The role of knowledge management in product lifecycle. Springer: Springer Netherlands, 2006. 397~406.
- [14] Salmaan Craig, David Harrison¹, Andrew Cripps, Daniel Knott. BioTRIZ suggests radiative cooling of buildings can be done passively by changing the structure of roof insulation to let longwave infrared pass. Journal of Bionic Engineering, 2008, 5(1): 55~66.
- [15] 钱学森. 谈地理科学的内容及研究方法. 地理学报, 1991, 46(3): 257~265.
- [16] 孙峰华, 王亮申, 顾九春. TRIZ 研究的历史现状及前瞻. 鲁东大学学报: 自然科学版, 2010, 26(1): 79~86.
- [17] Altshuller G S, Shapiro R V. About a technology of creativity. Questions of Psychology, 1956, (6): 37~49.
- [18] 檀润华, 苑彩云, 张瑞红, 等. 基于技术进化的产品设计过程研究. 机械工程学报, 2002, 38(12): 60~65.
- [19] 刘曦泽, 纪杨建, 祁国宁, 等. 基于发明问题解决理论的系统设计方法应用. 浙江大学学报: 工学版, 2009, 43(12): 2244~2263.
- [20] Altshuller G S. Algorithm of Invention. Moscow: Moscovskiy Rabochy, 1969.
- [21] Altshuller G S. Creativity as an exact science. Moscow: Sovetskoe Radio, 1979.
- [22] Althsuller G S, Zlotin B L, Zusman A V, et al. Search for new ideas: from insight to technology (Theory and practise of inventive problem solving). Kishinev: Kartya Moldovenyaska Publishing House, 1989.
- [23] Althsuller G S, Zlotin B L, Filatov V I. Profession: To Search for New. Kishinev: Karte Moldaveniaske, 1985.
- [24] Altshuller G S. To Find an Idea: Introduction to the theory of Inventive Problem Solving. Novosibirsk: Nauka, 1986.
- [25] 檀润华, 马建红, 陈子顺, 等. 基于 TRIZ 中需求进化定律的一类原始创新过程研究. 中国工程科学, 2008, 23(11): 52~58.
- [26] 郑称德. TRIZ 理论及其设计模型. 管理工程学报, 2006, 17(1): 84~87.
- [27] 刘晓平, 唐益明, 秦晋. 基于 TRIZ 的计算机辅助创新原型系统的研究与实现. 工程图学学报, 2007, 32(6): 7~11.
- [28] 薛晓滨. 创新实践呼唤创新理论. 铁道工程学报, 2006, 27(6): 96~101.

- [29] 王晓敏, 熊伟. 基于 QFD 和 TRIZ 的可信软件技术冲突解决方法. 航空学报, 2011, 32(1): 128~136.
- [30] 田启华, 杨红梅. 基于公理设计的产品设计解耦方法. 工程设计学报, 2007, 14(6): 435~439.
- [31] 谢庆生, 李亚青, 韩 涛, 等. 基于模块化思想的 TRIZ 分块冲突矩阵方法. 兰州理工大学学报, 2009, 35(5): 36~41.
- [32] 张德政, 阿孜古丽, 陶树人. 非工程领域创新的研究现状与发展趋势. 北京科技大学学报, 2005, 21(2): 9~13.
- [33] 黄洪钟, 余其兵, 薛立华. 基于 BP 神经网络的 TRIZ 理论冲突矩阵. 四川大学学报, 2005, 37(3): 127~132.
- [34] John Terninko, Alla Zusman, Boris Zlotin. Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ. New York: St. Lucie Press, 1998.
- [35] Darrell Mann. Hands-on Systematic Innovation for Business and Management. Lazarus Press, 2004.

TRIZ: A new theory and method of study man-land relationship problems

SUN Feng-hua^{1,4}, ZHU Chuan-geng², WANG Zhen-bo³, SUN Dong-qi⁴

(1. Development Research Institute of the Region Encircling the Bohai Sea, Ludong University, Yantai 264025, Shandong, China; 2. College of Urban and Environmental Sciences, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, Jiangsu, China; 3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 4. School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 5. School of Urban and Environment Sciences, Shanxi Normal University, Linfen 041004, Shanxi, China)

Abstract: Chinese geographers believe that the synthetic studies on man-land relationship should be strengthened. However, no research has been done yet in China on technical design in terms of man-land relationship. Therefore, TRIZ has been introduced to deal with issues related with technological system, technique contradictions, innovation level and ideal situation. The theoretical basis of TRIZ for overcoming the system contradictions is based on eight laws of technical system evolution. The methods are mainly used as analysis tools and repository. The analysis tools include contradiction matrix, substance-field model, standard solution, ARIZ and demand function analysis. The repository includes 40 innovation theories, contradiction solving principles, 76 standard solutions and an effect database. The procedure of TRIZ includes problem identification, tool and method selection and solving programme evaluation. This study, with Qingshan District of Wuhan as a case, probes into the approach, the theory, the method and the powerful function of TRIZ in solving contradictions of areal man-land relationship, and establishes a logic paradigm as well. The conclusion shows that TRIZ, applicable to both technology field and non-technical field, offers a new vision, new theory and new method for studying man-land relationship in the future.

Key words: TRIZ; man-land relationships; case study; new theory; new method