

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2015.02.007

TRIZ 理论在水资源可持续利用中的应用

赵 敏, 黄川友, 甘 蓉

(四川大学水利水电学院, 四川 成都 610065)

摘要: 将 TRIZ 理论中的冲突解决原理应用于水资源可持续利用研究, 通过建立并定义水资源单元、生态环境单元、经济单元、人力资源管理单元、技术创新单元的矩阵元素, 寻找各单元间的冲突并建立冲突矩阵, 以西藏林芝地区水资源可持续利用为例, 根据 TRIZ 理论中 40 个创新原理重新定义矩阵元素, 并进行论证分析, 找到解决该地区水资源可持续利用问题的方案。

关键词: TRIZ 理论; 冲突; 水资源; 可持续利用

中图分类号: TV213.4

文献标志码: A

文章编号: 1004-6933(2015)02-0036-04

Application of TRIZ theory in research of sustainable utilization of water resource

ZHAO Min, HUANG Chuanyou, GAN Rong

(College of Water Resources and Hydropower, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The author of this paper chose the conflict solving principle in the TRIZ theory to apply in the research of sustainable utilization of water resources, and set up and defined such five general parameter units as water resource unit, ecological environment unit, economic unit, human resource management unit, and technological innovation unit to find the conflicts between those units and establish a conflict matrix. Taking the sustainable utilization of water resources in Ningtri, Tibet as an example, the author redefined the matrix elements according to 40 innovation principles in the TRIZ theory, and found a solution to the problems of sustainable utilization of water resources in Ningtri, Tibet.

Key words: TRIZ theory; conflict; water resource; sustainable utilization

水资源是人类生存发展不可或缺的自然资源。时空分布不均匀和人口数量剧增造成了水资源短缺, 人类不合理的开发利用致使水资源遭受破坏与污染, 由水资源问题引起的环境生态及社会经济问题也日益严重。因此, 探讨水资源可持续利用问题具有重要意义。

1987 年世界环境与发展委员会(WCED)主席 Brundtland 夫人在世界环境与发展委员会上所作的题为“我们共同的未来”的报告中提出了“可持续发展”概念^[1], 其实质是处理好人口、资源、环境与经济的关系, 促进其协调发展。水资源是生态环境维持正常状态的基础条件, 也是经济发展不可或缺的物质基础^[2]。水资源可持续利用的目标是根据可持续发展理论, 依托生态和经济系统, 支持和维护自

然与社会的可持续发展, 其中心任务是开发利用水资源、保护环境、发展经济, 永续地满足当代人和后代人用水的需要^[3]。

水资源的可持续利用涉及生态环境、社会经济领域, 人类既希望有充足的水资源保证社会经济发展, 又希望有良好的生态环境, 在这个进程中解决水资源在可持续利用中存在的冲突问题具有重要意义。笔者利用 TRIZ 理论中的冲突解决原理, 分析水资源利用中存在的冲突并获取相应的解决方案, 为水资源的可持续利用提供一定的参考。

1 TRIZ 理论

1.1 介绍

TRIZ(俄文字母对应的拉丁字母缩写)译为解

决发明创造问题的理论,是由前苏联 G. S. Altshuller 自 1946 年开始研究并领导前苏联的研究机构、大学和企业组成的研究团体分析了世界近 250 万份高水平发明专利创造出来的理论体系。TRIZ 理论的主要内容包括产品进化理论、分析、冲突解决原理、物质场分析、效应、发明问题解决算法 ARIZ 等^[4]。

20 世纪 90 年代末,TRIZ 理论从前苏联传播到欧洲、美国、日本、韩国等地。该理论广泛应用于工程技术领域,用来解决各种冲突问题,为工程技术的发展与提升做出了很大贡献。世界上许多成功的公司,如福特、三星、西门子等,都利用 TRIZ 理论来进行产品的创新并创造了可观的收益。TRIZ 作为一种在技术领域被学界高度认可的创新方法,在近年来也逐渐被应用到管理领域^[5]。程文亮等^[6]利用 TRIZ 理论在管理创新体系框架开展研究,推动了管理领域的创新。“非典”期间,新加坡研究人员利用 TRIZ 理论提出了预防、检测和治疗疾病的方法与措施,该国政府采用后收到非常好的防治效果。目前,TRIZ 理论的应用范围已经由工程技术领域拓展到自然、社会、管理、教育、生物等领域。

1.2 TRIZ 问题的解决方法

TRIZ 理论中,技术冲突解决问题的途径一般为:分析问题,把待解决的问题转化为技术冲突,构建冲突矩阵后,针对问题模型,找到 39 个通用工程参数、40 条发明原理或根据这些创新原理重新定义可行的方案,将其应用到问题中并确定最终的解决方案。

技术冲突是指一个作用同时导致有用和有害两种效果,也可指有用作用的引入或有害效应的消除导致一个或多个子系统或系统变坏,主要表现为一个系统中两个子系统之间的冲突,如系统 A 得到改善导致系统 B 变得更差。在工程技术领域,TRIZ 理论提出由 39 个通用工程参数来描述技术冲突。

解决技术冲突主要依赖于冲突矩阵的建立及冲突解决原理的提出。冲突矩阵是一个 40 行 40 列的矩阵,第一行表示冲突中受到恶化的 39 个通用工程参数,第一列表示冲突中希望改善的 39 个工程参数,剩余的 39 行 39 列的矩阵则表示解决冲突的方案。

2 TRIZ 理论的应用

2.1 水资源可持续利用研究中的冲突解决过程

将 TRIZ 理论应用于水资源的可持续利用研究,根据 TRIZ 理论技术冲突解决过程(图 1),进行水资源可持续利用研究,具体过程如下:

步骤 1:在水资源系统中选择水资源单元、生态环境单元、经济单元、人力资源管理单元、技术创新单元 5 个参数单元作为需要优化的参数单元,组建

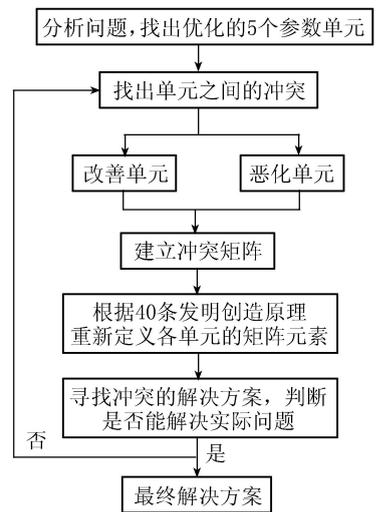


图 1 水资源的可持续利用中冲突解决过程

冲突矩阵;

步骤 2:找出各参数单元存在的冲突,确定改善单元及恶化单元,建立一个 6 行 6 列的矩阵;

步骤 3:选择 40 条发明创造原理中合适原理重新定义作为每个单元的矩阵元素;

步骤 4:寻找解决各个冲突的创新原理,查找创新原理的详解并应用到具体问题中;

步骤 5:通常选定的发明理论往往有多个,尽可能地把所选定的原理都应用到解决矛盾冲突中,然后判断所确定的解决方案是否能解决实际问题。若能解决实际问题,则该解决方案作为最终解决方案;若所有可能的解决方法都不满足,则返回步骤 2,重新寻找冲突、定义矩阵元素以不断优化整个冲突解决过程,直至能解决实际问题,确定最终方案为止。

2.2 参数单元冲突解决原理的定义

为解决 5 个参数单元间存在的冲突,笔者选择 40 条发明创造原理中合适原理重新定义作为每个单元的矩阵元素,具体见表 1。

2.3 水资源可持续利用冲突矩阵的建立

根据 2.1 水资源可持续利用冲突解决过程,从表 1 中选取矩阵元素,经 5 个步骤进行选取后得到冲突矩阵(表 2),冲突矩阵第一行表明受恶化的参数单元,第一列表明希望改善的参数单元,两个单元行与列交叉处对应的矩阵元素为推荐解决冲突可采用的发明原理序号。

3 研究实例

以西藏林芝地区为例,林芝地区位于印度阿萨姆平原与青藏高原的过渡地带,该地区气候类型较多,垂直变化悬殊,且林业资源、水资源、动植物资源都及其丰富,被誉为“西藏的江南”。根据《林芝地区国民经济和社会发展“十二五”规划》,规划一方

表1 参数单元矩阵元素定义

参数单元	创新原理序号	名称	参数说明
水资源单元	1	分割	进行水功能区划
	3	局部质量	设立水资源保护区
	6	多用性	水资源在一次利用后不经处理直接进行后续利用
	10	预操作	修建水库、池塘等水利工程
	11	预补偿	建立应急水源地
	15	动态化	引水、调水工程
	17	维数变化	地表水、地下水、雨水综合利用
	19	周期性作用	水资源处理后重复利用
	20	变有害为有益	合理利用雨洪资源
	23	反馈	监控系统随时反馈用水、供水情况
生态环境单元	25	自服务	海水淡化
	34	抛弃与修复	污水处理、中水处理
	36	状态变化	人工降雨
	1	分割	进行生态功能区划
	3	局部质量	建立特殊生态保护区
	5	合并	自然界土壤、水、动、植物等作为整体环境考虑
	6	多用性	防止水土流失、创造景观等
	10	预操作	设置生态预警系统
	20	变有害为有益	加强生态环境建设
	23	反馈	加强对生态环境的监督
经济单元	25	自服务	生态环境创造商业价值
	34	抛弃与修复	对恶化的生态环境进行修复
	1	分割	在不同的地区、行业收取不同费用
	3	局部质量	增加部分地区行业投资
	8	质量补偿	避开风险投资
	9	预加反作用	用绿色 GDP 代替单纯的 GDP ^[7]
	15	动态化	根据各种动态信息决定投资项目
	23	反馈	做好数据调查并反馈信息
	24	中介物原理	发展相关的经济服务行业
	27	低成本、不耐用的物体代替贵重耐用的物体	投资低损耗高回报产业
人力资源管理单元	1	分割	管理部分细分多个部门
	3	局部质量	部分人才进行重点培训
	5	合并	与企业、科研单位等单位进行合作
	12	等势性	健全法律法规体系
	15	动态化	加强人力资源的流动
	23	反馈	及时调查其服务质量
	24	中介物原理	建立监督部门进行监督
	25	自服务	取之于民,用之于民
	28	机型系统的替代	采用电脑监控、GIS 技术替代人工作业
	34	抛弃与修复	及时更新人才库,必要时进行裁员
技术创新单元	1	分割	对不同领域技术细分科研方向
	5	合并	在交叉领域采取共同研究
	9	预加反作用	预先考虑最不利情况
	10	预操作	预测技术未来发展
	15	动态化	提倡终身学习制
	20	有效作用的连续性	加强培养科研后备人员
	23	反馈	总结技术应用效果
	24	中介物原理	开发各种智能技术
	26	复制	采用模型试验代替真实系统试验、学习国外先进技术

表2 水资源可持续利用冲突矩阵

改善单元	恶化单元				
	水资源单元	生态环境单元	经济单元	人力资源管理单元	技术创新单元
水资源单元		1、3、5、10、20、23、34	1、3、6、8、9、15、19、20、23、24、27	1、3、5、6、12、23、24、28、34	1、5、9、10、20、23、24、26
生态环境单元	1、3、5、10、11、15、19、20、23、34		1、6、8、9、15、23、24、25、27	1、3、5、6、12、24、28、34	1、5、10、20、23、24、26
经济单元	3、6、10、11、15、19、20、23、24、34	3、6、9、10、20、23、25、34		8、15、23、24、25、28、34	3、9、10、23、24
人力资源管理单元	1、3、5、6、10、11、12、15、23、24、26、36	1、3、5、6、10、12、20、23、24、34	1、3、6、8、15、23、24、27、34		3、6、10、15、20、23、26、34
技术创新单元	1、6、9、10、11、15、17、19、23、25、26、34	1、5、6、9、10、20、26、34	1、8、10、20、23	3、5、15、20、26、28	

面要求该地区继续发展经济,另一方面需加强生态保护与建设。如何在保护生态环境的条件下大力发展经济,经济单元和生态环境单元之间产生了冲突。

根据 2.1 中 TRIZ 理论技术冲突在水资源可持续利用研究中的应用过程,经过步骤 1 至步骤 5 的筛选,最终确定了表 2 中的矩阵元素,采用生态环境单元恶化情况下希望改善经济单元、经济单元恶化情况下希望改善生态环境单元两方面矩阵元素结合,提出的解决方案为创新原理序号 1、3、6、8、9、10、15、20、23、24、25、27、34 对应的方案。

方案 1:进行生态功能区划。林芝地区已编制《林芝生态地区建设规划》(2009—2020 年)。

方案 3:建立特殊生态保护区。林芝地区已建立以下自然保护区:雅鲁藏布大峡谷国家级自然保护区、察隅慈巴沟国家级自然保护区、西藏工布自然保护区,主要保护珍稀动植物及生态系统,同时还建立了湿地保护区、森林公园、地质公园等。

方案 6:防止水土流失、创造景观等。林芝地区除了现有划定的自然保护区、湿地保护区外,可根据实地情况保护其他特殊生态环境,同时也可以打造宝贵的旅游资源。

方案 8:避开风险投资。林芝地区目前主要发展特色农牧业、生态旅游、藏药业,有序发展水电能源工业,避开发展重度污染环境的产业,以减少或

者避开破坏生态环境的风险投资。

方案 9:用绿色 GDP 代替单纯的 GDP。过去为了 GDP 的增长,以牺牲生态环境为代价,建议以后将生态环境优劣考虑到 GDP 的增长中。

方案 10:设置生态预警系统。在林芝地区经济发展过程中,根据生态环境容量设置生态预警系统,生态环境在还未受到破坏时就禁止过度利用,达到预先保护生态环境的要求。

方案 15:根据各种动态信息决定投资项目。在林芝地区如需发展水电,需考虑到当地的水文、地质、生态环境等,搜集各类信息后,对可能产生的环境影响进行评估,再决定是否投资。

方案 20:加强生态环境建设。良好的生态环境才能够吸引投资者进入林芝地区,才能发展林芝经济。

方案 23:在生态环境方面加强对生态环境的监督。林芝地区除了设立各种保护区外,同时逐步完善水资源监测体系、地质监测体系,加大小流域综合治理,以加强对生态环境的监督;在经济方面做好数据调查并反馈信息,调查林芝地区历年水资源开发利用、生态环境建设等与经济发展之间数据情况,制定相关年鉴等资料。

方案 24:发展相关的经济服务行业。林芝地区可设立专门的投资咨询公司,主要针对林芝地区鼓励发展的产业,方便外来企业进行投资。

方案 25:生态环境创造商业价值。林芝依据现有的生态资源,大力发展旅游业,打响雅鲁藏布江大峡谷这一核心品牌;做大做强巴松措、易贡国家地质公园、波密冰川群、烈山古墓群、色季拉国家级森林公园 5 大景区。

方案 27:投资低损耗高回报产业。对于进驻林芝地区的投资企业,投资方优先考虑生态环境损害小、回报率大的产业。

方案 34:对恶化的生态环境进行修复。对已破坏的生态环境进行治理,必要时制定生态环境保护方面的法律法规。

根据上述冲突解决方案,部分方案林芝地区已经实施,其余方案是为解决林芝地区经济发展与生态环境冲突问题时提供参考。水资源可持续利用中划分的 5 个单元之间冲突问题的解决方案可以不断地创新和完善,从而使得 TRIZ 理论在水资源可持续利用研究中更加成熟。

4 研究意义

目前,在水资源可持续利用领域研究的主要方向是水资源可持续利用评价的方法,常用的方法有

模糊集理论方法、人工神经网络理论方法、灰色系统理论法、数理统计方法等^[8]。这些方法大多数是通过建立水资源可持续利用的指标体系和标准,提出具体的评价指标和等级标准,最终判断水资源是否处于可持续利用的状态。水资源可持续利用评价方法的应用都基于大量现状数据和复杂的计算过程,方法的应用在各区域也有差异,如何选择合适的评价指标、评价方法是一个需要深入研究的问题,在整个研究领域还未形成统一的标准或者达成共识。

笔者将 TRIZ 理论应用于水资源可持续发展利用研究中,与以上研究的不同点在于虽然建立了相似的系统体系,但不是对水资源可持续利用进行评价,也不需要具体的数据资料进行定量分析,而是通过对水资源可持续利用中存在的冲突定性进行宏观地分析,进而通过矩阵给出具体的可参考的方法来指导一个区域的水资源可持续发展利用。这个研究方法具有广泛的适用性,每个区域水资源可持续利用中可能存在的冲突侧重点不一样,但是都能参照本文方法来进行分析,灵活选择其中一种或者多种方法或者结合实际情况创新出其他方法来解决。

本文的研究的目的是使区域能达到水资源可持续发展利用,不仅立足于现状,而且适用于该地区将来可能出现问题的解决,提前避免区域可持续发展利用中可能出现的问题或者减缓已存在的问题。

5 结 语

将 TRIZ 理论引入到水资源可持续利用研究中,采用 TRIZ 理论的冲突矩阵及重新定义 40 个发明创新原理进行水资源可持续利用研究。TRIZ 理论本身涵盖的内容较多,是一种创新理论。因此,对于 TRIZ 理论中其他研究内容,如物质场分析、ARIZ、76 个标准解和知识效应库等都有较大的研究意义,如能将其运用于水资源可持续利用的研究中,势必推动水资源可持续利用的发展。

水资源可持续利用的实现需要水资源系统、生态环境系统、社会经济复合系统等的协调发展。本文选取参数单元时所涉及的资源、经济、社会各方面之间的冲突都极其复杂,未必能准确地反应各参数单元间的冲突问题。此外,通过 40 个发明创新原理所确定的解决冲突方案可能不够全面,有待进一步的分析研究。

参考文献:

- [1] World Commission on Environment and Development. Our common future [M]. New York: Oxford University Press, 1987:3-15. (下转第 44 页)

[J]. Journal of Henan Normal University: Natural Science, 2010, 38(5): 150-154. (in Chinese))

[10] 卫吉芸,刘桂林. 绿色荧光蛋白及在生物技术研究中的应用[J]. 国外畜牧学(猪与禽), 2011, 31(3): 100-101. (WEI Jiyun, LIU Guilin. The application of green fluorescent protein in biotechnology [J]. Animal Science Abroad(Pigs and Poultry), 2011, 31(3): 100-101. (in Chinese))

[11] 田涛,王琦. 绿色荧光蛋白作为分子标记物在微生物学中的应用[J]. 微生物学杂志, 2005, 25(1): 68-72. (TIAN Tao, WANG Qi. The application of green fluorescent protein (GFP) as molecular marker in microbiology [J]. Journal of Microbiology, 2005, 25(1): 68-72. (in Chinese))

[12] 董惠钧,付景林,李永泉,等. 微流控芯片监测绿色荧光蛋白在枯草芽孢杆菌中的表达[J]. 生物工程学报, 2009, 6(7): 1077-1081. (DONG Huijun, FU Jinglin, LI Yongquan, et al. Microfluidic chip for detecting the expression of green fluorescent protein in *Bacillus subtilis* [J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2009, 6(7): 1077-1081. (in Chinese))

[13] AMPE F, BEN O N, MOIZAN C, et al. Polyphasic study of the spatial distribution of microorganisms in Mexican pozol, a fermented maize dough, demonstrates the need for cultivation-independent methods to investigate traditional fermentations [J]. Appl Environ Microbiol, 1999, 65(12): 5464-5473.

[14] BICHAÏ F, BARBEAU B, PAYMENT P. Protection against UV disinfection of *E. coli* bacteria and *B. subtilis* spores ingested by *C. elegans* nematodes [J]. Water

Research, 2009, 43(14): 3397-3406.

[15] 朱碧英,王小羽. 海洋甲壳动物中几丁质的利用[J]. 科技通报, 1986, 2(4): 29-30. (ZHU Biying, WANG Xiaoyu. The use of chitin of ocean zooplankton [J]. Science Bulletin, 1986, 2(4): 29-30. (in Chinese))

[16] 彩万志,庞雄飞,花保祯,等. 普通昆虫学[M]. 2版. 北京:中国农业大学出版社, 2011: 83-84.

[17] 商栩,王桂忠,李少菁. 带卵囊和自由产卵桡足类水蚤群体增殖比较研究[J]. 福建农业学报, 2005, 20(4): 251-256. (SHANG Xu, WANG Guizhong, LI Shaojing. Comparative studies on the group increasing of egg-carrying and free-spawning copepods [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2005, 20(4): 251-256. (in Chinese))

[18] 翟宝香,李永函,赵小奕,等. 用电镜对两种轮虫休眠卵卵膜的初步观察[J]. 大连水产学院学报, 1987(1): 19-28. (ZHAI Baoxing, LI Yonghan, ZHAO Xiaoyi, et al. Preliminary observation on the membrane of the resting eggs of two kinds of rotifers with an electronic microscope [J]. Journal of Dalian Fisheries College, 1987(1): 19-28. (in Chinese))

[19] 林涛,曹钰,陈卫. 饮用水处理中剑水蚤携带细菌的研究[J]. 华中科技大学学报:自然科学版, 2013, 41(4): 128-132. (LIN Tao, CAO Yu, CHEN Wei. Bacteria associated with *cyclops* in drinking water treatment process [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2013, 41(4): 128-132. (in Chinese))

(收稿日期:2014-07-01 编辑:彭桃英)

(上接第39页)

[2] 夏军. 可持续水资源管理:理论·方法·应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005:12-16.

[3] 冯尚友,刘国全. 水资源持续利用的框架[J]. 水科学进展,1997,8(4):301-307. (FENG Shangyou, LIU Guoquan. A holistic framework for sustaining water resources utilization [J]. Advances in Water Science, 1997, 8(4): 301-307. (in Chinese))

[4] 徐起. TRIZ 创新理论实用指南[M]. 北京:北京理工大学出版社,2011:2-16.

[5] 程文亮. 基于 TRIZ 创新理论的战略定位冲突解决矩阵研究 [J]. 科技管理研究, 2011(24): 159-164. (CHENG Wenliang. The matrix of strategic positioning for the conflict resolution based on TRIZ [J]. Science and Technology Management Research, 2011(24): 159-164. (in Chinese))

[6] 程文亮,程志华,张东生. 基于 TRIZ 的管理创新体系框架研究 [J]. 科技管理研究, 2011(2): 23-57. (CHENG Wenliang, CHENG Zhihua, ZHANG Dongsheng. System framework of managerial innovation research based on TRIZ

[J]. Science and Technology Management Research, 2011(2): 23-57. (in Chinese))

[7] ZHANG Jing. Research on developing environmental protection industry based on TRIZ theory [J]. Procedia Environmental Sciences, 2010, 2:1326-1334.

[8] 尹志杰,管玉卉,胡晓雪. 区域水资源可持续利用系统评价的集对分析模型 [J]. 水资源保护, 2010, 26(4): 28-33. (YIN Zhijie, GUAN Yuhui, HU Xiaoxue. Set pair analysis model for assessment of regional water resources sustainable utilization system [J]. Water Resources Protection, 2010, 26(4): 28-33. (in Chinese))

(收稿日期:2014-10-29 编辑:徐娟)

