

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.06.010

欢迎按以下格式引用:吴睿,贾传果,唐先龙,等. TRIZ理论嵌入土木工程专业创新能力培养的探索研究[J]. 高等建筑教育,2020,29(6):67-73.

TRIZ理论嵌入土木工程专业 创新能力培养的探索研究

吴睿¹, 贾传果^{2,3}, 唐先龙⁴, 甘民^{2,3}

(1. 重庆科技学院 机械与动力工程学院, 重庆 401331; 2. 山地城镇建设与新技术教育部重点实验室(重庆大学), 重庆 400044; 3. 重庆大学 土木工程学院, 重庆 400044; 4. 重庆市高技术创新中心, 重庆 401123)

摘要: 针对 TRIZ 理论课程专业性强、案例与土木工程关联性差等问题, 对 TRIZ 理论融入土木工程专业创新能力培养进行探索研究。首先从创新能力培养现状、土木工程行业发展趋势等方面分析了加强创新能力培养的必要性, 然后从 TRIZ 理论程式化、专业化、简约化等方面, 提出了 TRIZ 理论与土木工程专业融合的相关对策。

关键词: TRIZ 理论; 土木工程专业; 创新能力

中图分类号: G642.0; TU **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2020)06-0067-07

随着新一轮科技革命和产业变革的推进,“大众创业、万众创新”“提高自主创新能力,建设创新型国家”等一系列国家建设计划得以陆续实施。2008年4月科技部、国家发改委、教育部和中国科协印发《关于加强创新方法工作的若干意见》,指出要大力推进技术创新方法的应用,特别要推进 TRIZ 等国际先进技术创新方法与中国本土需求的融合。

此外,教育部积极提出和推进“新工科”建设,要求实现从专业分割转向跨界交叉融合^[1],要求学生具备解决综合问题和复杂问题的能力。学科评估、高校双一流建设等也把学生创新能力的培养作为重要评价指标,大学生创新能力的培养在大学教育中显得愈发重要。

当前土木工程建设呈现大型化、复杂化、智能化的发展趋势,对土木工程专业人才创新能力提出更高的要求。近年来不少高校在土木工程专业“双创型”人才培养方面进行了卓有成效的探索,文献[2]提出“五闭环”的土木工程专业创新创业教育培养模式。郭庆军等^[3]分析了硕士研究生创新能力培养的现状,探讨人才培养中存在的问题,提出了校内跨学科与校企、校校人才协同培养机制。文献[4]探讨了土木工程专业创新人才培养机制,在创新创业教育改革和实训平台建设等方面提出了相应措施。人才培养离不开完善的培养机制和模式,学生创新能力的提升需要理论支持和

修回日期:2019-12-15

基金项目:科技部创新方法工作专项(2017IM010300);重庆大学教学改革研究项目(2019Y43)

作者简介:贾传果(1980—),男,重庆大学土木工程学院副教授,博士,主要从事工程抗震和创新方法研究,(E-mail)jiachuanguo@cqu.

edu.cn.

方法引领。本文探索把 TRIZ 理论融入土木工程专业创新能力培养体系。

一、土木工程专业创新能力培养的重要性和意义

(一) 土木工程专业创新能力培养现状

目前,土木工程专业创新教育主要形式是学生参与科研项目,通过“边学边做”“学中做”“做中学”等创新实践环节,学生的创新思维得到了一定训练,但缺乏创新思维和创新技法方面的指导。高校创新教育要么没有理论指导,放任自由,要么仅有创新理论传授,纸上谈兵,脱离实际(图1)。毕业生创新能力不强,自主创业比例不高,高校创新创业教育存在一些亟待解决的问题:创新创业教育理念不够成熟,师资水平有待提升,创新创业教育内容有待更新。

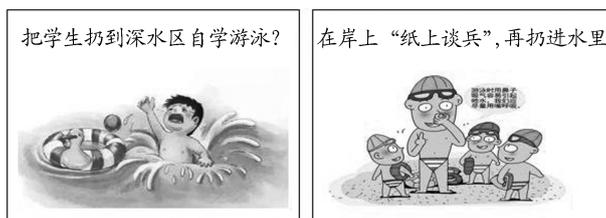


图1 土木工程专业创新教育现状示意图

(二) 强化土木工程专业创新教育,顺应时代发展和专业需要

随着施工技术的快速发展和劳动力成本的提高,土木工程施工领域机械化、自动化和智能化程度进一步提高。建筑信息模型化技术 BIM 的快速推进,提升了土木工程设计和施工的科技含量。这些新技术、新方法和新工艺的应用,对土木工程专业毕业生创新能力提出更高的要求。随着土木工程智能化方向的发展,相关理论、分析方法、施工技术有待创新。因此,在创新能力培养中,应按照专业实际情况,积极借鉴国外先进理念和做法,大胆摸索一套切实可行、富有特色的创新教育模式。

(三) 创新土木工程专业教育理论和实践教学意义重大

以土木工程专业教育为系统,把创新能力培养作为子系统,土木工程专业作为超系统,利用 TRIZ 九屏幕法分析三个系统的过去、现在和未来的主要特点(图2)。由图2可见,目前土木工程向大型化、智能化、自动化发展,迫切需要土木工程专业教育创新能力的培养。综上所述,应开设创新方法课程,从创新理论和创新实践两个方面合力提升土木工程专业创新能力培养水平,有非常重要的现实意义。

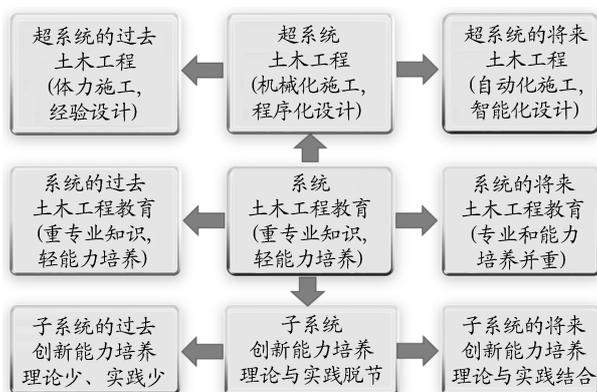


图2 基于 TRIZ 九屏幕法的项目研究意义分析

二、TRIZ 理论与大学生创新教育融合的对策

TRIZ 理论是一种理论性和系统性强、高效实用的创新方法。但 TRIZ 理论体系较为庞杂,学习门槛较高,要系统掌握 TRIZ 理论,需要大量时间、精力的投入,以致部分初学者“望而却步”。应用 TRIZ 理论进行技术创新还需要很多专业知识,亦会使许多初学者“灰心丧气”。因此需采用大学生容易接受的形式传播 TRIZ 理论,应根据实用、趣味原则对 TRIZ 理论进行简化,把大学生的专业课作为 TRIZ 理论应用的主战场,推动 TRIZ 理论的普及与传播。

(一) TRIZ 理论程式化

TRIZ 理论源于苏联,盛行于欧美。TRIZ 理论程式化就是把 TRIZ 理论用大学生容易接受的方式表达出来,对 TRIZ 理论进行移植、发展和改造,以降低学习成本,提高学习效率,达到切实提升大学生创新能力的目的。

具体过程是分析中西方思维方式、科技素养等方面的差异;摒弃“拿来主义,照单全收”的思想,全面分析 TRIZ 理论的真谛和弱点;根据大学生的思维方式和学习习惯,对 TRIZ 思维方式和应用方法进行移植与改造;“取其精华,弃其糟粕”,在“扬弃”中构建适合大学生创新能力培养要求及传授方式的 TRIZ 理论体系^[5]。

(二) TRIZ 理论简约化

TRIZ 理论的关键是创新地解决问题,在众多 TRIZ 工具中,如何精选与具体应用和操作,是需要认真思考的问题。TRIZ 理论简约化就是要摒弃 TRIZ 理论中那些使用门槛高、前置条件较多的思维方法和技巧工具,保留那些简便易用的方法和工具^[6]。

具体过程是对 TRIZ 思维方法和解题工具的可操作性进行分析,掌握其复杂程度和技术门槛;根据分析,精选分析问题和解决问题的工具;构建简化的分析问题和解决问题的程序。

(三) TRIZ 理论专业化

TRIZ 理论的关键是思维和方法的引导力。通过 TRIZ 理论的学习,让学生具备系统思考问题的能力,并快速获得解决问题的“洞察力”。TRIZ 理论专业化就是把相关思维方法和技法工具进行通俗化处理,再辅以专业相关的案例,引导学生在日常学习和工作中应用 TRIZ 理论,把日常学习和专业作为 TRIZ 理论应用的主战场,逐渐提升受众对 TRIZ 理论的兴趣和认识。

具体过程是研究分析精简的 TRIZ 理论体系及相关工具的核心思想与内涵,在保留其哲学机理的前提下进行通俗化处理;把创新思考的关键步骤做成引导流程,鼓励学生利用各自的知识 and 经验创新思维,并最终解决问题;将专业中常见的创新案例和发明创造制作成典型案例,引导学生创新地解决专业问题,使创新的思维训练常态化。

三、TRIZ 理论体系简约化

本文根据实用性和趣味性原则,在现代 TRIZ 理论体系中精选 3 类共 9 个模块^[6],具体内容如下:(1)思维方法:理想最终解、九屏幕法、聪明小人法;(2)分析问题:功能分析、流分析、因果链分析;(3)解决问题:功能导向搜索、矛盾与发明原理、物场模型-标准解。

四、物场模型-标准解系统的简约化

物场模型-标准解系统是 TRIZ 经典理论的重要组成部分,是一个强大的解决问题的工具。但

是标准解系统庞大,涉及不同的物场模型和76个标准解^[7]。平铺直叙地讲解这些内容,很难让学生领悟方法的本质。因此,本文秉承简单实用的原则,对物场模型-标准解系统进行简约化处理。

两个物质的相互作用是通过场来实现的。有问题的物场模型,其本质是两个物质的相互作用并非期望的相互作用。主要分为四种情况:(1)物质之间没有相互作用,或者物质之间的相互作用远远不足,即为可忽略的相互作用;(2)物质之间的相互作用是有用但过量的;(3)物质之间的相互作用是有害的,与期望相反;(4)物质之间的相互作用是有用但不足的,如图3中“五角星”所处的位置。

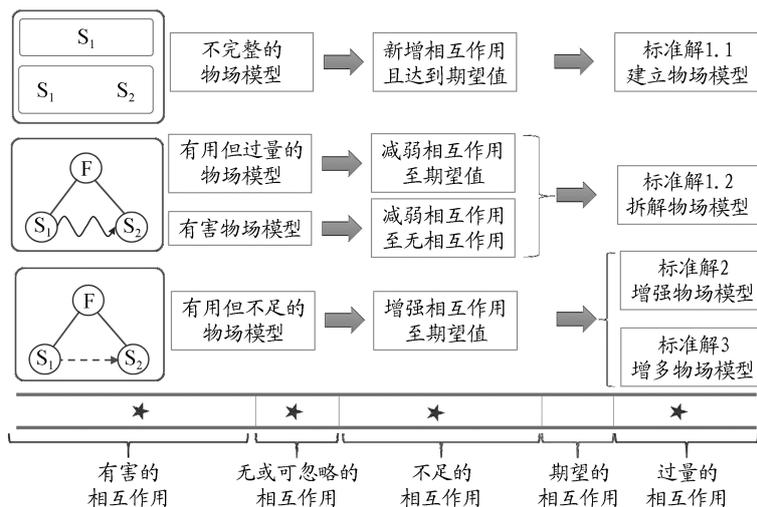


图3 简化的 TRIZ 理论物场模型-标准解系统

第(1)类物场模型没有相互作用或者可忽略相互作用,则需要新增物质之间的相互作用,达到期望的相互作用,对应的标准类型为1.1,即建立物场模型。第(2)类物场模型是有用但过量的相互作用,需要减弱相互作用到期望值。第(3)类物场模型是有害的相互作用,则需要减弱相互作用到无相互作用或可忽略相互作用的范围内。第(2)和第(3)类物场模型都需要减弱相互作用,故对应的标准解类型都是1.2,即拆解物场模型。第(4)类物场模型是有用但不足的物场模型,相互作用不足,则需要增强物质间的相互作用,所对应的标准类型为2和3,分别是增强物场模型和增多物场模型。

通过对物场模型-标准解系统简约化处理,学生能很容易确定问题模型,并快速找到正确的标准解类型,进而确定解决问题的方案。

五、矛盾与发明原理应用案例的专业融合

矛盾是TRIZ理论的标志之一。只有彻底消除矛盾,才能创造性地解决问题。本文以矩形截面梁为实例,介绍如何采用技术矛盾、物理矛盾来解决工程问题。

工程问题:矩形截面梁,由于自重的存在,其跨越能力是有限的。本意是:当梁的跨度达到某一量值时,提高梁的截面,梁的承载力提高了,但是梁自重的增幅超过了梁承载力的增幅。

(一) 技术矛盾及其解题过程

(1)描述需要解决的工程问题。在自重增幅不大的前提下,提高梁的承载力。

(2)描述对应的技术矛盾。创新目标是提高梁承载力,现有解决方案是增大梁截面,导致的后

果是梁自重增大,这样可以得到技术矛盾 1。相应地,如果减小梁截面,那么梁自重减小,但是梁承载力降低,这样可以得到技术矛盾 2,如表 1 所示。经判断,技术矛盾 2 逻辑上是合理的,因此,技术矛盾 1 定义合理。

表 1 矩形截面梁通过改变截面大小所对应的技术矛盾

	技术矛盾 1	技术矛盾 2
如果	增大梁截面	减小梁截面
那么	梁承载力提高	梁自重减小
但是	梁自重增大	梁承载力降低

(3)选择技术矛盾。由于创新的目标是提高梁承载力,因此选择技术矛盾 1。

(4)确定技术矛盾中预改善的参数和被恶化的参数。创新目标是提高梁承载力,故梁承载力(抗力)是预改善的参数。表面上,恶化的参数是梁的自重(荷载),但本质上,恶化的参数是梁的内力或应力(荷载效应)。

(5)将改善的和恶化的参数一般化为通用工程参数。“承载力”最接近于通用工程参数中的 14“强度”,即物体抵抗外力不被破坏的能力;“梁的内力或应力”最接近于通用工程参数中的 11“应力和压强”,即作用在系统表面或内部的单位面积的力。

(6)在矛盾矩阵中定位改善和恶化的参数,确定发明原理。根据改善参数 14 和恶化参数 11,查矛盾矩阵可得发明原理 10,3,18,40,具体如表 2。

表 2 矛盾矩阵中矩形截面梁的技术矛盾所对应的发明原理

	运动物体的重量	静止物体的重量	运动物体的长度	静止物体的长度	运动物体的面积	静止物体的面积	运动物体的体积	静止物体的体积	速度	力	应力或压力	形状	结构的稳定性	强度
运动物体的体积	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17		+		29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7
静止物体的体积		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14			+			2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15
速度	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34		+	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14
力	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	+	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27
应力或压力	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21	+	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40
形状	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	+	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40
结构的稳定性	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 10, 3	22, 1, 18, 4	+	17, 9, 15
强度	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	+

(7)根据发明原理的提示,确定具体解决方案。根据发明原理 3 局部质量,可以把梁做成变截面的工字梁。

(8)通过改变常规工程解决方案,改变技术矛盾,重复(2)~(7)步。除了增加截面面积外,提高截面的高宽比也可以提高梁的承载力。如果增加梁的高宽比,那么梁承载力提高,但是梁的稳定性降低。这样得到如表 3 所示的技术矛盾,进而确定改善的参数是强度,恶化的参数是稳定性。然后查矛盾矩阵,即可得对应的发明原理 13,17,35。这样根据发明原理 17 维数变化,可以通过在工字

梁上增加肋板,提高梁稳定性。

采用不同的常规工程解决方案,得到不同的技术矛盾,进而找到不同的发明原理,可以对现有问题不断改进,找到尽可能多或尽可能优的解决方案。

表3 矩形截面梁通过改变截面高宽比所对应的技术矛盾

	技术矛盾1	技术矛盾2
如果	增大梁的高宽比 (截面面积不变)	减小梁的高宽比
那么	梁承载力提高	梁稳定性提高
但是	梁稳定性降低	梁承载力降低

(二) 物理矛盾及其解题过程

(1) 描述需要解决的工程问题。在自重增幅不大的前提下,提高梁的承载力。

(2) 描述对应的物理矛盾。梁截面需要大,因为要使梁有较高的承载力;但是梁截面需要小,因为梁自重需要小。

(3) 加入导向关键词来描述物理矛盾。梁截面,离中心轴较远处,应该大,为了提高梁承载力;但是梁截面,中心轴附近,需要小,为了减小梁自重。

(4) 确定所适用的分离原理。对于体现出“在哪里”的导向关键词,适用空间分离原理。所对应的发明原理是:1. 分割;2. 抽取;3. 局部质量;4. 非对称性;7. 嵌套;17. 空间维数变化。

(5) 选择适用的发明原理。在分析了适用于空间分离的发明原理后,确认“抽取”原理最适合。

(6) 产生具体的解决方案。根据“抽取”原理的提示,沿纵向把梁中性轴处的材料抽取掉,形成空腹梁。

(7) 尝试其他分离原理,重复(3)~(6),产生具体的解决方案。尝试基于系统级别分离:截面强度处在子系统层面,重力产生的效应是在超系统层面。根据系统级别分离,得到发明原理:合并。采用合并原理:提出多跨连续梁克服物理矛盾。

(8) 同技术矛盾类似,尝试其他现有解决方案,建立新的物理矛盾,重复(2)~(7),产生具体的解决方案。

六、结语

有了方法,做事情才能事半功倍,做任何事情都如此,土木工程专业创新能力的培养也不例外。TRIZ理论不是万能的,理论本身无法实现技术创新,TRIZ理论与土木工程专业的有效融合,才有利于学生创新能力的培养。

本文对TRIZ理论程式化、专业化、简约化等方面进行了初步的探索,尝试构建适宜土木工程专业的创新方法体系,有机地将创新能力培养渗透到土木工程专业课程教学。教学实践证明:这些探索在强化学生对专业知识的理解,改善学生的知识结构,提高学生创新能力等方面取得了较好的效果,但在具体的教学组织和实施细节方面还有待进一步完善。

参考文献:

[1] 周世杰,李玉柏,李平,等. 新工科建设背景下“互联网+”复合型精英人才培养模式的探索与实践[J]. 高等工程教

- 育研究, 2018(5):11-16.
- [2] 李敏. 基于校企合作的创新创业教育“五闭环”培养模式探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2019,28(4):28-33.
- [3] 郭庆军, 何晖, 闫竑宇, 等. “双创”目标引导下建筑与土木工程硕士研究生协同培养体系构建[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(5):48-54.
- [4] 李天祺, 邹昀, 王登峰, 等. 土木工程专业“双创型”人才培养的研究与实践[J]. 高等建筑教育, 2018,27(1):15-18.
- [5] 吕巧凤. TRIZ理论“本土化”的思路与对策[J]. 理论探讨, 2010(3):166-168.
- [6] 韩博. TRIZ理论的科普化[J]. 技术与创新管理, 2015,36(2):214-218.
- [7] 孙永伟, 谢尔盖·伊克万科. TRIZ:打开创新之门的金钥匙[M]. 北京: 科学出版社, 2015.

Investigation on integrating of Triz theory into innovation capacity training of civil engineering specialty

WU Rui¹, JIA Chuanguo^{2,3}, TANG Xianlong⁴, GAN Min^{2,3}

(1. School of Mechanical and Power Engineering, Chongqing University of Science & Technology, Chongqing 401331, P. R. China; 2. Key Laboratory of New Technology for Construction of Cities in Mountain Area, Ministry of Education, Chongqing 400044, P. R. China; 3. School of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China; 4. Chongqing Hi-Tech Incubation Center, Chongqing 401123, P. R. China)

Abstract: Aiming at the problems such as strong professional of TRIZ theory and low relevance of case studies to civil engineering, this paper conducted investigation on integrating TRIZ theory into innovation capacity training of civil engineering. In this paper, the necessity and importance of improving innovation capacity of civil engineering students were investigated, form regarding current situation of innovation capacity enhancement and development trends of civil engineering. Some proposals to integrate TRIZ theory and civil engineering were presented, in terms of stylization, specialization and simplification of TRIZ theory.

Key words: TRIZ theory; civil engineering specialty; innovation capacity

(责任编辑 王 宣)