

工程实践 和创新教学

改革与发展

主编 李双寿 李生录
主审 严绍华

清华大学出版社

富士 G11S 变频器在电工实习教学中的应用	春 兰, 臧 琛, 韩文颖	221
完全学分制下工程训练实行模块化教学改革的研究	王利利, 李卫国	225
“特种加工”在金工实习中的教学实践	范丽荣, 任 翀, 邱晓云, 丁思远, 范丽媛	229
浅谈数控铣床的系统教学实践	李艳茹, 侯学元, 范丽荣, 武 伟	232
普通车床金工实习教学改革探索	王燕兰	235
浅谈金工系列课程“综合型”实验课	陈圆圆	239
双创背景下的工程实训中心教改模式研究	陈 晔, 严绍进, 薛慧锋	242
金属工艺学专业核心课程群的建设探究	刘邱祖, 吉党生	248
浅谈工程材料与机械制造基础课程体系建设	杜素梅, 朱 征, 黄丽明, 郑连义	251
机械工程训练的教学改革	赵鹏飞, 张 朝, 温 阳	255
面向卓越工程师培养的精密测量与快速成型技术实践教学的研究与探讨	蔡 军	258
面向工科学生先进制造技术实习项目的开发与实践	郭 玲, 张彦春	262
面向工科类专业的工程与创新能力培养模式初探	田腾飞, 李红凤, 贾文军, 刘 健	266
工程训练传统工艺教学改革与创新实践	王晓亮, 张江亭, 贾文军	270
基于工程训练中心实践教学工作坊的卓越工程师培养初探	周坤涛	274

第 3 部分 师资队伍建设、教材建设、教学方法改革

平凡而神圣的教师职业	傅水根	279
机电类专业大学生工程实践能力及创新能力培养方法研究	化凤芳, 郑 娇, 许东晖	283
在工程实践教学中融合创新方法教育的探索与实践	王浩程, 王晓敏, 贾文军, 刘 健	287
“一体化教学”校本实训教材编写探讨	杨宗强	293
如何充分发挥教师在金工实习教学中的主导作用	尹晓春, 尹玉军, 毛志俊	299
加强工程实践师资队伍建设和打造优秀专业教学团队	范 斌, 范丽荣	302
工程训练“双师”型教学团队的建设与培养	薛慧锋, 陈 晔, 曹兰平	305
世界技能大赛视角下的大学生工程能力培养研究	郝立果, 马前帅	308
合作学习在工程训练课程中的应用模式研究	梅 梅, 姬宜朋, 李合增, 丁 杰, 殷业财	315
用“思维导图”的方式进行“产品化”的金工教学	杨 帆, 刘 彬	320
数控加工技术实训教学方法的探索与实践	李春阳, 付 铁, 靳 松	324
项目式教学在技术培训中的应用	洪 亮, 梁志芳, 初 晓, 董宝光	328

在工程实践教学中融合创新方法教育的探索与实践

王浩程, 王晓敏, 贾文军, 刘 健

(天津工业大学工程教学实训中心, 天津 300387)

摘 要: 创新思维能力的培养在工程教育中占有重要地位。本文通过探讨工程实践课程教学过程融合创新方法教育的改革方向及思路, 总结归纳金工实习过程中存在的矛盾分析和物场分析案例, 指明在工程实践教学中融合渗透创新思维和方法教育, 对于改善学生受应试教育影响思维固化的现状, 培养学生综合创新的工程素质, 加快工程训练中心作为创新实践基地的建设发展具有重要意义。

关键词: 实践教学; 创新; 矛盾分析; 物场分析; 金工实习

1 引言

在当前工程教育领域, 传统应试教育仍占主导地位。尽管国家近年来不断倡导加强大学生创新创业教育, 鼓励推动创新类课程建设, 但就目前而言工科学生的学习仍以被动接受、应对考试为主, 工程教学过程中很多学生自主学习、创意实践、勇于创新的认识淡漠, 经过系统的专业课程学习后仍不能具备较强的专业能力和努力探索的创新精神^[1]。究其原因, 教育规模庞大是一个客观原因, 但更重要的是作为教学主体的教师和管理教学理念更新, 如何在教学过程中融入创新思维方法教育, 使学生在学到知识的同时, 分析问题、解决问题的能力得到提高, 思维模式方法得到有效改进, 是工程教育适应人才需求的永恒主题。本文拟针对高等工程教育中的学生创新意识薄弱的现象, 以创新型人才培养为中心, 分析探讨在工程实践教学基地内如何融入创新思维和创新方法的教学内容。

2 创新方法的核心内容: 矛盾分析和物场分析

以发明问题解决理论 (TRIZ) 为依托的创新方法是建立在工程技术进步过程中世界范围内专利分析基础之上的行之有效的发明创造工具。通过分析成千上万的技术专利, 从中总结出规律性的东西, 形成了解决发明问题的 TRIZ 理论^[2]。图 1 揭示了 TRIZ 理论的来源和涵盖的主要内容。

实践证明, 在 TRIZ 理论体系中, 对于形成创新思维、拓展创新能力、解决创新问题最为有效的核心内容包括两方面, 即矛盾分析和物场分析。

2.1 矛盾分析

矛盾是普遍的, 人类社会的进步是矛盾运动的结果, 技术系统的演化发展也是不断解决技术矛盾的过程。在 TRIZ 中, 矛盾分析主要是针对技术系统的参数, 所谓技术矛

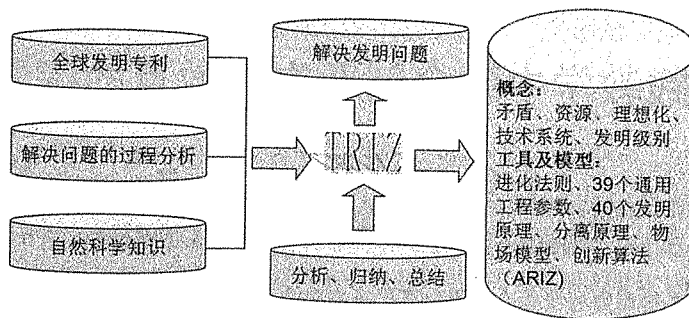


图1 TRIZ理论的来源和内容

盾就是指技术系统中两个参数之间存在相互制约，在提高技术系统的某一个参数时，导致了另一个参数的恶化而产生的矛盾。发明问题就是那些包含有技术矛盾的技术性问题，而这些技术矛盾用已知的技术手段和知识是无法解决的，妥协性的解决办法无法解决矛盾问题。如果技术矛盾被克服的话，发明问题也就解决了，因而新的发明也就出现了。例如高速列车的出现，就是解决了速度和安全性这一对技术矛盾。可以说，在人类生产和生活的所有领域，都包含着各种各样的技术矛盾。这些技术矛盾的不断克服，从以数字产品为代表日新月异的技术进步得以体现。技术矛盾解决实际问题的模式如图2所示。

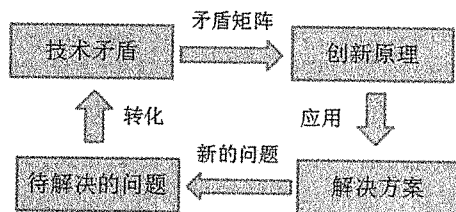


图2 技术矛盾的解题模式

2.2 物场分析

技术系统内部存在的发明问题主要体现在两方面，一方面是参数，如温度、速度、力等。因工程参数不足或不协调而产生的问题就是TRIZ中矛盾分析所面临的问题。发明问题的另一方面是结构，即技术系统的结构是否完整或存在其他问题。在TRIZ中，解决技术系统结构存在的问题所用的工具是物场分析。在技术系统转化过程中产生矛盾的系统组成部分的物场结构分析，称为物场分析。所谓物场可理解为最小的具有工作能力（功能）的可控技术系统。需要注意的是，TRIZ中物质和场的概念较物理或其他学科中的定义更为广泛，如场泛指相互作用、影响的联系形式，这对于人在创新活动中的思维活动非常重要。两种物质和一个场是组成基本技术系统的必要要素。如吸尘器在实现清洁地板形成的技术系统用物场模型表达如图3所示。利用物场模型分析技术系统结构方面存在的问题及解决方案可使模糊的技术系统变得清晰而直观，创新活动效率得以提高。

在物场分析过程中，要时刻围绕技术系统的功能实现。每一个技术系统都可由许多功能不同的子系统组成，而每个子系统都可以再进一步地细分，直到分子、原子等微观

层次。无论大系统、子系统、还是微观层次，都具有功能。缺少了功能，技术系统也就没有了存在的必要。

TRIZ 理论指出，关于技术系统的功能，存在以下三项原则：

(1) 所有的功能都可以最终分解为 3 个基本元素（物质 S_1 ，物质 S_2 ，场 F ）；

(2) 一个存在的功能必定且至少由 3 个基本元素构成；

(3) 将 3 个相互作用的基本元素有机组合将形成一个功能。

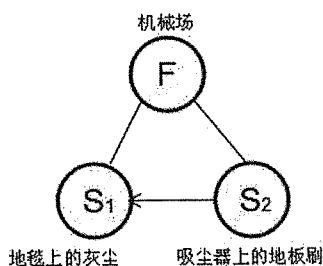


图 3 吸尘器工作物场模型

3 金工实习中的矛盾分析和物场分析问题

抛开参数与结构的概念，可以说凡是问题，就存在矛盾。既然矛盾是普遍的，那么在技术系统以及工作内容的方方面面，都有相关问题的存在。近年来，随着卓越工程师项目的实施，工程实践教学基地发展迅速，实验室建设、课程建设不断加强，工程实践教学内容得到有效拓展。一般而言，金工实习教学涉及传统加工工艺和先进制造技术约 11 个工种的教学内容。如果每个工种将设备（工具）、材料、学生作为技术系统的要素考虑，通过分析技术系统各要素的参数和结构，应该能够找到若干 TRIZ 问题，特别是矛盾分析和物场分析的问题。在此，为说明问题，将每个工种中存在的一个技术矛盾和物场模型列于表 1 中。以表 1 的内容为基础，举一反三，经认真思考，每个工种的矛盾分析和物场分析问题能够得到进一步的拓展。

表 1 金工实习各工种中存在的矛盾分析和物场分析问题举例

教学工种	技术矛盾		物场模型	
	表达	说明	表达	说明
车削	切削速度 ↔ 刀具磨损	切削速度提高，切削温度上升，刀具磨损加剧		加工细长轴时，车刀作用力作为机械场，与车刀、细长轴形成完整物场，车刀对轴的有害作用（变形）靠中心架消除
铣削	铣削分力方向 ↔ 工作台稳定性	顺铣时垂直方向的铣削分力有利于提高工件的表面质量。但水平分力与工件进给方向相同，容易引起工作台的间歇性窜动		铣齿轮时，物场中物质 S_1 为齿轮齿廓的分布，其均匀分布的精度靠分度头保证

续表

教学工种	技术矛盾		物场模型	
	表达	说明	表达	说明
刨削		刨刀伸出刀架长一些, 可以刨出更深的槽, 但刚性变差, 影响加工质量		滑枕为物质 S1, 曲柄摇杆为物质 S2, 在电机运动场中实现滑枕的往复运动
磨削		组成砂轮的磨粒粒度大, 则磨削效率高, 但磨削表面质量下降		砂轮在对工件加工过程中产生大量的热, 通过施加冷却场消除了热对工件的有害作用
钳工		粗齿锯条容屑空间大, 有利于提高锯切效率, 但对于硬或薄材料锯条容易折断		工件、台钳及夹持作用力组成了完整物场。有时为保护工件表面需施加垫片
铸造		提高型砂强度可防止塌箱, 但同时型砂锈气性下降, 容易产生气孔等缺陷		浇注时, 在重力场作用下液态金属充满型腔。然后在温度场中铸型散热, 液态金属冷却为铸件
锻压		提高加热温度, 在一定范围内可使金属可锻性变好。但加热温度过高, 则会产生过热、过烧现象, 可锻性反而变差		在空气动力机械场和温度场的双重作用下, 实现空气锤对工件的锻打
焊接		焊接电流增大时, 热量大, 容易焊透, 但焊缝质量不易保证, 特别是对较薄材料		焊接工人使用保护面罩 (中性滤光镜), 过度的弧光 (多余的场) 被保护面罩 (引入的添加物) 消除了
热处理		一般材料热处理时, 强度硬度增加, 塑性韧性就会下降。多数场合会选择一折中的热处理方法, 如调质		在钢的内部引入附加物碳原子, 建立内部合成的物场模型, 增强了物质之间的作用能力

续表

教学工种	技术矛盾		物场模型	
	表达	说明	表达	说明
数控加工		当伺服系统加装反馈装置,提高运行精度时,数控机床结构变复杂,经济性下降		数控操作系统建立了程序和刀具之间的联系,将其视作场,加之切削加工物场,形成了复杂物场
线切割		封闭的各种形状的孔,符合设计要求,实现使用功能,但线切割时穿丝工作繁琐,降低生产效率		钼丝作为电极对工件进行脉冲火花放电熔解金属成型,物质(钼丝、工件)和场(电火花)构成了完整物场

4 融合矛盾分析和物场分析对实践教学过程的影响

4.1 对学生思维方式的影响

技术矛盾和物场模型普遍存在于工程技术的应用和管理之中,它们既蕴涵着创造性的问题同时又是方法论和思维方式。应试教育的结果形成了学生的思维惯性和思维定势,也无法克服制约人才培养的思维惰性。而创新的内容除了新鲜感往往还带有挑战性和趣味性。从金工实习的教学内容中提取出涉及的技术矛盾和物场模型,围绕创新方法教育传达给学生,引导学生从新的角度和新的内容方面考量需要学习的理论或实践知识,无疑对转变学生的思维模式会起到积极的促进作用。这里借助物场模型描述教学方法对学生思维的影响。如图4所示,工程教育环境作为一个场,如果不进行教学改革,墨守传统教学模式,势必对学生思维方式的提升作用不足甚至作用有害。引入创新方法(矛盾分析和物场分析为主要内容)作为一个新的场之后,教学过程赋予了新的内涵,教学内容得到补充和拓展,于是对学生创新思维的形成和提升形成了积极有效的作用。

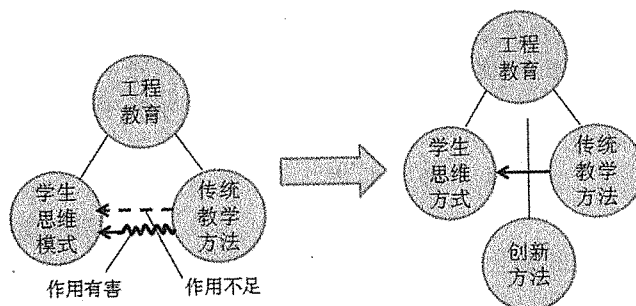


图4 学生思维方式转变的物场模型描述

例如,在进行车工教学了解车刀几何形状时,启发学生思考其中的技术矛盾,刀具前角与刀头强度形成了技术矛盾相互对立的两个参数。当前角增大时,切削刃变锋利,切

削力减小,有利于提高加工质量;但带来的问题是,刀头体积减小,单位体积承载力增大,强度刚度下降。类似的技术矛盾在车削切断、钻孔、磨削等场合均存在。在教学中,引导学生认识其中的技术矛盾,同时学习思考用矛盾分析的方法解决问题。

4.2 对教学管理的影响

实践教学的组织管理是一项计划性、规律性极强的工作,其中本身就包含了许多矛盾分析和物场分析的内容,如“严”与“松”的矛盾,时间与空间分配的矛盾,传统内容和先进内容的安排矛盾等等。这些矛盾都可以纳入 TRIZ 的矛盾分析范畴。物场分析同样如此,前述学生思维方式的转变就是物场分析的拓展应用。再分别举一个例子。技术矛盾方面,实践教学内容的深入和充实与实习过程的安全性是相互对立的矛盾两方面(参数),片面地强调一方面,势必带来许多负面影响。折中,如何折中?折中到什么程度?这是 TRIZ 论述的消极思考方式;双赢,怎样做到双赢?这是 TRIZ 强调的积极的态度和思考方式。

物场分析方面,由于物场强调事物间的相互作用和联系,因此在实践教学环境中物场模型应该随处可见。对教学管理而言,可以将教学管理本身视作一个场,将教学方法和教学效果看作两种物质,于是就构成了一个完整的物场模型。只是相互作用是充分、不足亦或是有害,要看各要素的具体内容和作用过程。也可以增加要素(物质或场),形成复杂的教學管理物场模型。有了物场模型,就可以直观地分析要素内容和要素间的作用机制,为教学改革奠定基础。

5 结语

总而言之,在工程实践教学中融入创新方法教育,把矛盾分析和物场分析的内容与实践教学内容有机结合是实现良好的教学效果,引导学生转变传统应试教育思维模式、增强创新动力的有效途径。为此,应不断加强工程实践教学环境中的创新方法教育氛围,探索融合矛盾分析和物场分析的实践教学内容和方法,将提高学生的创新能力落到实处。

参考文献

- [1] 朱高峰. 中国工程教育的现状及展望[J]. 高等工程教育研究, 2011, 6: 1-4.
- [2] 沈萌红. TRIZ 理论及机械创新实践[M]. 机械工业出版社, 2012.
- [3] 创新方法研究会. 创新方法教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.

清华大学出版社数字出版网站

WQBook  

www.wqbook.com

ISBN 978-7-302-44367-4



9 787302 443674 >

定价：88.00元