

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2015.09.008

基于 Pro/Innovator 的轨检小车手推换向装置创新设计

洪思敏^{1,2}, 杨雪荣^{1,2}, 成思源^{1,2}, 黄宇浩^{1,2}, 罗佳龙^{1,2}

(1. 广东工业大学机电工程学院, 广东广州 510006;

2. 广东省创新方法与决策管理系统重点实验室, 广东广州 510006)

摘要: 研究了基于 TRIZ 理论的计算机辅助创新软件 Pro/Innovator 在工程技术问题中的应用。针对目前轨检小车存在的手推换向装置操作不便导致作业效率降低的问题, 应用 TRIZ 理论及 Pro/Innovator 软件对其进行系统组件的功能分析和因果分析, 找到系统存在的矛盾冲突问题, 结合软件提供的创新方案库, 根据技术矛盾对应的创新原理创造性地提出轨检小车手推换向装置的改进方案。结果表明: 经过改进后的换向装置提高了作业效率, 实现了便捷换向功能。

关键词: 创新; Pro/Innovator; 轨检小车; 换向

中图分类号: TH122 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3881 (2015) 9-028-4

Innovation Design of the Hand Assembly of Track Inspection Car Commutate Device Based on Pro/Innovator

HONG Simin^{1,2}, YANG Xuerong^{1,2}, CHENG Siyuan^{1,2}, HUANG Yuhao^{1,2}, LUO Jialong^{1,2}

(1. School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou Guangdong

510006, China; 2. Key Laboratory of Innovation Method and Decision Management System of Guangdong Province, Guangzhou Guangdong 510006, China)

Abstract: The application on engineering and technology problems with computer-aided innovation software Pro/Innovator based on TRIZ was studied. Aiming at the current problem that the hand device of track inspection car can not be commutated conveniently, which lead to the inefficiency of operating, TRIZ and computer-aided innovation software Pro/Innovator were applied to find where conflicts exist through system components' functional and causal analyze. Combined with the innovative solutions Library the software provided, and according to the corresponding innovation principles, the solution of the problem was presented. The results show that the working efficiency is improved and the function of convenient commutation is achieved after improve the reversing device.

Keywords: Innovation; Pro/Innovator; Track inspection car; Commutate

0 前言

目前我国企业普遍存在产品落后、创新能力不足等问题, 关键在于企业缺乏快速响应并满足市场需要的新产品开发及制造技术创新的能力, 因此迫切需要获得新产品开发的具体技术支持。TRIZ 是由解决技术问题和实现创新开发的各种方法、算法组成的综合理论体系。TRIZ 解决问题是通过系统化地应用已有知识, 在解决设计冲突的过程中而逐步获得创新解^[1]。TRIZ 作为一种理论体系, 在解决实际问题时, 其效果往往取决于对该理论的掌握程度, 这样 TRIZ 就可能逐步成为少数专家的专用工具, 而企业日益迫切的创新需求需要的是普通设计人员也能使用的创新

工具^[2]。

计算机辅助创新 CAI (Computer Aided Innovation) 作为工程领域一个重要的计算机辅助技术而出现, 是科学的创新理论、方法发展到一定程度的结果, 并融合计算机技术, 在当今工程技术中有着广泛的应用。Pro/Innovator 作为一种计算机辅助创新软件, 通过整合 TRIZ 理论、基于本体的知识表达和重用以及来自高水平发明专利的知识库, 可以有效地辅助工程技术人员快速构造出创新方案, 帮助企业实现系统化创新知识管理^[3]。

在研发过程中, 计算机辅助创新技术可以有效地提高设计的质量和效率, 对现代产品开发起到一定的

收稿日期: 2014-03-19

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51105078); 广东省省部产学研结合项目 (2012B091100190、2011A091000040); 广州市科技计划项目 (2013J4300019); 广东省创新方法与决策管理系统重点实验室开放课题 (2011A060901001-16D)

作者简介: 洪思敏 (1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为创新方法、铁路轨道检测技术和逆向工程技术。E-mail: hsm1053866216@163.com。

推动和支撑作用。CAI 技术为概念设计提供了先进的创新理论、方法与多学科知识的支持, 研发人员可以有效地运用创新的科学规律, 全面分析问题, 构建出科学的创新设计方案, 优化研发进程, 减少研发的重复工作和资源浪费^[4]。

如今世界众多国家和政府都在致力于研究和运用 TRIZ 理论, 结合传统的创新方法及计算机软件, 用以解决多种技术领域的创新课题^[5]。我国高速铁路无砟轨道三维检测的专用仪器——轨检小车正在研制和发展中, 目前仍处于起步阶段, 在机械结构上存在较多的缺陷。轨检小车机械结构的改进与创新对无砟轨道三维检测技术的发展具有重要作用^[6-7]。本文作者结合计算机辅助创新软件 Pro/Innovator, 对现有的轨检小车主推换向装置存在的缺陷进行分析, 并进行相应的创新设计。与此同时, 探讨应用计算机辅助创新软件 Pro/Innovator 解决问题的流程和方法。

1 基于 Pro/Innovator 的计算机辅助创新

计算机辅助创新设计平台 Pro/Innovator 是 TRIZ、本体论、现代设计方法学、自然语言处理技术与计算机软件技术相结合的新一代计算机辅助创新设计工具。不同工程领域的技术人员在面临技术难题时, 可以借助其强大的综合分析工具和源于世界优秀专利而创建的创新方案库, 打破思维定势, 拓展设计思路, 以全新的角度和思路分析问题, 快速地得到高效可行的解决方案^[8]。

在 TRIZ 理论解决发明问题核心思想的基础上, Pro/Innovator 提供了清晰的创新设计项目导航功能, 可以明确地区分、记录和管理软件所提供的集体启示以及用户在此基础上的创造性工作。其主要功能模块包括项目导航、技术系统分析、问题分解、解决方案、创新原理、专利查询、方案评价、报告生成、知识库编辑、专利申请^[9]。

应用 Pro/Innovator 解决工程技术问题时, 技术人员首先必须对初始问题进行描述并针对问题进行系统分析, 找出问题产生的原因, 不断分解问题并形成问题列表。通过矛盾问题求解或根本问题求解, 以软件中创新原理模块的相关内容作为参考, 找出解决问题的方法和备选方案 (必要时对其资源分析、可行性分析或风险性分析), 最后对各备选方案生成评价报告, 选择最优创新方案。同时, 可以对最终的创新方案进行知识库编辑, 纳入企业知识库, 也可以生成专利并申请^[9]。其解题流程如图 1 所示。

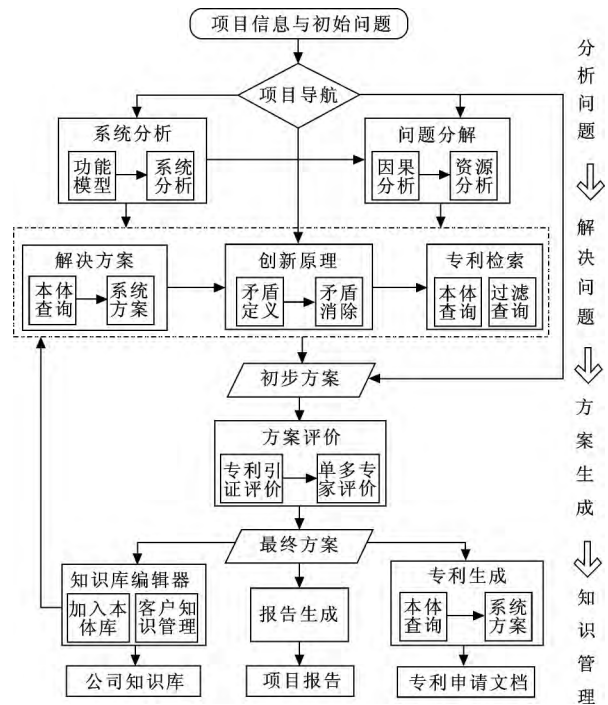


图 1 Pro/Innovator 解题流程

2 具体分析

2.1 项目背景与初始问题描述

文中的研究对象为如图 2 所示的轨检小车主推换向装置。此装置为目前高速铁路轨道几何状态检测小车常用的一种手推换向装置, 主要是通过手推连接板不同角度的定位孔, 利用螺栓连接的方式实现换向功能。



图 2 轨检小车主推换向装置

轨检小车在作业过程中是以操作人员的推动为动力源, 行走在铁路钢轨上面的。在测量数据的过程中, 不同的操作人员、不同的操作环境, 对手推组件所处的角度方位要求不同, 尤其是当轨检小车需要调试或返回到起始位置时候, 要求轨道检测小车的手推组件可以实现便捷换向的功能。现有的轨检小车一般采用 T 型架构, 其手推部件安装于纵横梁连接部分的上方, 通过螺栓连接的方式固定于手推连接板上。虽然可以满足基本的换向要求, 但是每次进行换向都需

要制动小车并手动拧紧松开螺栓。这样，不仅操作不方便，降低作业效率，而且长久操作后会造成螺栓连接部分的松动，最后甚至失效。总的来说，目前轨检小车手推换向装置存在的问题为作业过程中不能实现便捷换向。

2.2 系统分析

系统分析模块是对既有技术系统进行功能建模，建立技术系统的功能单元及它们之间的相互作用关系。对系统功能进行分级分解可以帮助设计人员更深入地理解系统，确定分析问题的落脚点^[10]。Pro/Innovator 的建模是以 TRIZ 理论为基础的，通过分析技术系统中组件及组件之间的作用关系，建立对应的组件模型。同时，通过建立技术系统的流模型，可以看出能量、物质及信息等如何通过系统以及如何受到组件之间相互作用的影响。系统分析是定性的分析，可以帮助设计者对不同流上组件单元之间的相互作用进行分析，找出系统功能运作的薄弱环节^[11]。

轨检小车手推换向装置主要由手推组件、换向螺栓、螺栓件及手推连接板等组成。整个装置通过手推连接板以螺栓连接的方式固定在轨检小车车架上方，手推组件与手推连接板通过螺栓件连接，手推组件对小车车架起推动作用，换向螺栓与手推连接板主要实现对车架的换向功能。

在作业过程中需要进行换向时，主要是通过固定在手推组件上的换向螺栓与手推连接板侧面不同角度的定位孔之间的配合来实现的。这里，针对轨检小车手推换向装置不能实现便捷换向的问题对与其关联的组件（手推组件、螺栓件、换向螺栓、手推连接板等）进行分析，理清各功能组件间的关系后，可以在 Pro/Innovator 的系统分析模块中构建出如图 3 所示的轨检小车手推换向装置的功能模型图，以便进一步的分析。

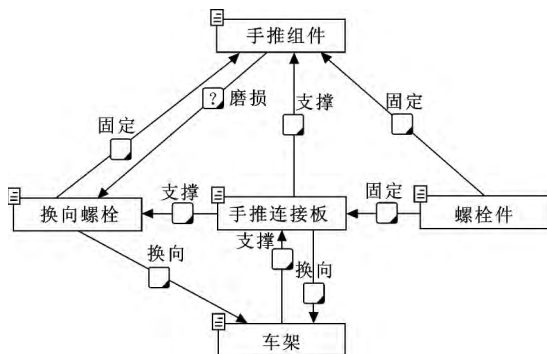


图 3 轨检小车手推换向装置的功能模型图

由图 3 的功能模型图分析，本装置对轨检小车车架起推动与换向作用。轨检小车需要换向时，通过换向螺栓和手推连接板无法实现便捷换向，存在功能不

足。系统组件分析中，找到了当前系统的不足之处后，需要面临如何确定系统最薄弱的环节以及如何从众多问题中找到解决系统问题突破口的问题。由 Pro/Innovator 针对组件的价值分析功能得到启示，该功能是基于价值工程理论，可以帮助工程技术人员快速地定位出系统中的薄弱环节，为后续的系统简化和性能改进提供重要参考^[9]。

系统组件价值是由组件理想度指标来进行评定的。组件的理想度则是根据有用功能之和与有害功能之和的比值来确定的。一般情况下，系统组件的理想度指标越高，其对整个系统的价值就越高；反之，系统组件的理想度指标越低，其对系统而言就越可能存在问题^[11]。针对轨检小车手推换向装置不能实现便捷换向的问题，结合软件的组件价值分析初步确定最需要改进或简化的组件是换向螺栓和手推连接板。

2.3 问题分解

问题分解模块运用“三轴分析法”，通过流程时序轴、系统层次轴和因果关系轴对初始问题进行分析，可以将复杂的工程问题分解为多个子问题，进而逐步找出初始问题的根本原因，为后续的方案生成提供参考^[11]。针对轨检小车手推换向装置不能实现便捷换向的问题进行问题分解，得到如图 4 所示的模型。

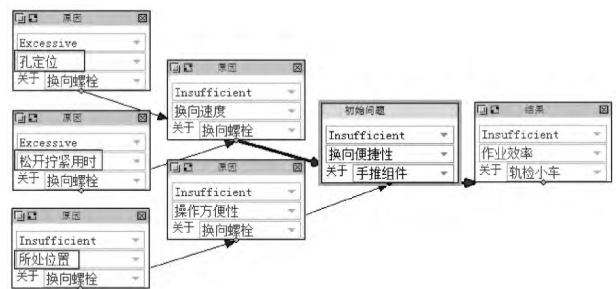


图 4 问题分解模型

在分解模型中，由左到右分别为具体原因、基本原因、初始问题和结果。即对于初始问题“轨检小车手推换向装置不能实现便捷换向”，其造成的结果是轨检小车作业效率降低。具体原因是换向螺栓需要进行孔定位和松开拧紧用时过长造成的换向速度过慢以及换向螺栓所处位置造成的操作不方便，如图 4 所标示。

因此，轨检小车手推装置不能实现便捷换向的主要原因是换向螺栓需进行孔定位、换向螺栓松紧用时过长和换向螺栓所处位置不利。综合分析得出改善的技术参数为操作流程的方便性，恶化的技术参数为适用性、通用性^[9]。得到需要改善以及恶化的技术参数后，可针对存在的技术矛盾问题，结合创新原理和创新方案库生成解决方案。

3 方案生成

Pro/Innovator 软件提供了一套基于本体论的创新方案库, 因此设计者可以迅速掌握不同领域中可用于解决同一类技术问题的不同方案, 有助于快速获得本领域中的创新方案。同时, 还可以利用创新原理, 不折衷地解决技术矛盾或者物理矛盾^[3]。

针对轨检小车手推换向装置不能便捷换向的技术矛盾问题, 标准化后得知其改善参数为操作流程的方便性, 恶化参数为适用性及通用性, 根据这两个参数查找矛盾矩阵, 其交叉表格的发明原理为分割、动态特性、不足或过度的作用、抛弃与再生。

如图5所示, 利用 Pro/Innovator 对问题的定义, 得出其主要的技术矛盾: 操作流程的方便性和适用性与通用性, 通过 Pro/Innovator 中的创新原理模块可得到该矛盾问题下的创新原理。根据收集的资料及目前的技术条件等各方面的信息, 考虑到轨检小车换向时手推组件与手推连接板之间存在相对运动, 适合采用动态特性原理解决。动态特性原理为: 如果一个物体整体是静止的, 使之移动或可动; 分割物体, 使其各部分可以改变相对位置。

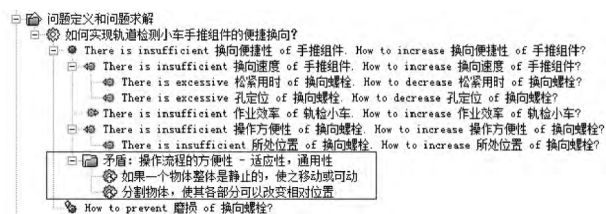


图5 轨检小车手推换向装置的矛盾问题通用解

针对不同操作人员、不同操作环境、现有螺栓换向方法的不足以及轨检小车手推装置便捷换向的需求, 借助动态特性原理的启示进行思考。考虑到换向螺栓需进行孔定位、换向螺栓松紧用时过长, 想到通过滑块装置实现手推组件与手推连接板之间的相对运动来消除孔定位以及缩短用时。另一方面, 考虑到换向螺栓所处位置造成的操作不方便, 可以将换向装置的控制机构安放于操作人员易于触及的位置。

综合上述分析应用计算机辅助创新软件 Pro/Innovator 提出的各种创新方案, 查询相关企业数据库并结合经验可以得到轨检小车手推换向装置的一个比较理想的最终解决方案是: 采用滑块装置实现手推组件与手推连接板的相对运动, 手推连接板上的定位孔改为开槽, 通过滑块相对开槽的上下移动, 手推组件与手推连接板可以快速实现分离与连接。滑块的控制则采用类似刹车装置的结构, 在手把处设置刹车把, 可带动滑块向上移动脱离手推连接板, 调整到手推组件需要的方向和角度。同时在滑块处安放弹簧, 利用

弹簧的伸缩特性, 将滑块重新卡入手推连接板的开槽, 最终实现便捷换向功能。具体方案如图6所示。

最后, 若得到多个问题解决方案, 可以通过 Pro/Innovator 的评价模块建立起对多个备选方案价值的理解, 找出问题的最佳解决方法。

4 结论

结合计算机辅助创新软件 Pro/Innovator, 针对轨检小车手推换向装置无法实现便捷换向的问题进行改进设计, 通过对其进行功能分析和问题分解, 提取相关的技术矛盾问题, 找到适合解决的创新原理解。结合实际, 创造性地提出了适合实际问题的解决思路, 从而获得其改进方案。通过研究案例表明, Pro/Innovator 对于辅助机械产品进行创新设计具有启示作用, 随着计算机辅助创新技术的发展和完善, 在解决工程技术问题的过程中将发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] 沈萌红. 创新的方法: TRIZ 理论概述 [M]. 北京: 北京大学出版社 2011.
- [2] 张武城 赵敏. 运用 TRIZ 理论培养创新能力建设创新型国家 [C]. 提高全民科学素质、建设创新型国家——2006 中国科协年会论文集(下册) 2006.
- [3] 闫晓玲 王望龙. 基于 TRIZ 和 Pro/Innovator 平台的产品创新设计 [J]. 机床与液压 2009 37(7): 192-195.
- [4] 赵秀. 基于 TRIZ 理论的计算机辅助创新设计方法探讨 [J]. 计算机与数字工程 2007 35(12): 109-112.
- [5] 檀润华. TRIZ 及应用技术创新过程与方法 [M]. 北京: 高等教育出版社 2010.
- [6] 胡庆丰. 安博格 GRP1000 轨检小车进行无碴轨道检测的作业方法 [J]. 铁道勘察 2008 34(3): 17-20.
- [7] 黄剑飞. 高速铁路无砟轨道三维检测系统研制及误差分析 [D]. 西安: 长安大学 2011.
- [8] 施荣明 赵敏 孙聪. 知识工程与创新 [M]. 北京: 航空工业出版社 2009.
- [9] 沈萌红. TRIZ 理论及机械创新实践 [M]. 北京: 机械工业出版社 2012.
- [10] 顾银芳. Pro/Innovator 在解决定位装置问题中的应用 [J]. 导弹与航天运载技术 2008 297(5): 14-20.
- [11] 李祥松 贾光 荆洪英 等. 基于 Pro/Innovator 的滚动转子式压缩机减震降噪研究 [J]. 机械制造 2009 47(8): 33-36.



图6 轨检小车手推换向装置改进方案