

基于 TRIZ 的新型动车组产品质量改进模式

贾伟男¹ 付琢² 于海波¹ 孔羽姝¹ 祖瑀擎³ 毕凯乔¹

(1. 中车长春轨道客车股份有限公司高速动车组制造中心, 130062, 长春;

2. 中车长春轨道客车股份有限公司国家轨道客车工程研究中心, 130062, 长春;

3. 中车长春轨道客车股份有限公司工程技术中心, 130062, 长春//第一作者, 高级工程师)

摘要 以动车组产品质量管理体系为研究对象,介绍了基于 TRIZ(发明问题的解决理论)的问题模型。分别以质量问题缺乏数据支持、错过处理问题最佳时机、缺乏质量管理高技能人才为问题关键点,以及使用小人法、预先作用原理、借助中介物原理等 TRIZ 工具提出了建立质量问题数据库进行问题预处理、质量问题管理前移、引入创新工作室、建立质量经验传承机制、精简质量问题反馈接口等 5 种动车组产品质量管理体系改进模型方案。结合这 5 种方案,对动车组产品质量方案进行整合扩充及优化建立了动车组产品质量数字化管理平台建设模型。实际应用表明,该新型动车组产品质量改进模式使动车组产品质量问题的分析与改进效率更高,改善更全面。

关键词 动车组; 产品质量; 改进模式; 发明问题的解决理论

中图分类号 U266.2;F253.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.02.031

Improvement Mode of EMU Product Quality Based on TRIZ Theory

JIA Weinan, FU Zhuo, YU Haibo, KONG Yushu, ZU Yuqing, BI Kaiqiao

Abstract Taking the product quality management system of EMU as the research object, a problem model based on TRIZ (Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch) theory is introduced. Then, taking the quality issues due to insufficient data support, the best time lost to deal with problems, the lack of high-skilled personnel in quality management and so on as the key points, TRIZ tools, such as villain method, pre action principle, and the principle with intermediary help are explored. On this basis, five improvement model schemes of EMU product quality management system of EMUS are proposed, including the establishment of quality problem database for problem preprocessing, the advance of the quality problem management, introduction of innovation workshops, establishment of quality experience transmission mechanism, and the streamline quality problem feedback interfaces. Combined with

these five schemes, the integration, expansion and optimization of EMU product quality scheme are implemented, a digital management platform model of EMU product quality is established. The practical application shows that the model promotes the analysis of EMU product quality problem, at the same time improves the quality management efficiently and comprehensively.

Key words EMU; product quality; improvement mode; TRIZ theory

First-author's address High-speed EMU Manufacturing Center, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

由于科学技术的限制,现阶段动车组在生产过程中及上线运营后会产生大量的故障问题,因此,建立一种更加详细且高效的动车组产品质量改进模式,具有重要的意义。该质量改进模式将用于故障信息的收集和分析工作,对动车组产品质量提升起到强力的推进作用;同时该模式的构建,可为后续动车组产品的“数字化转型”提供有效的参考模板,可有效提升“数字化转型”效率。

若采用原有拆分动车组产品质量问题管理模式,相关部门将耗费大量人力、物力且不具备现实意义。本文结合 TRIZ(发明问题的解决理论)将原有质量问题改进方法进行创新改善,形成新的质量改进模式。

TRIZ 有助于解决以技术矛盾和物理矛盾为特征的复杂发明问题,可通过一系列系统化解决问题的流程,帮助研发人员得到最有效的解决方案^[1]。因此,TRIZ 将是实现本文目标的有效辅助工具。

1 基于 TRIZ 的问题模型

当一个管理系统出现问题时,该系统的不足将在多方面体现。因此,对其进行改善及提升的手段

亦是多种多样的。解决问题的关键是要区分出系统的问题属性和产生问题的根本原因,根据问题所表现出来的参数属性、结构属性和资源属性等,可将一个待解决的实际问题转化为问题模型;然后针对不同的问题模型,利用不同的 TRIZ 工具进行解决,最终得到应用。

1.1 功能模型分析

功能模型分析可以非常直观地看出一个组件执行动作后对另一个组件的影响。依据现有的动车组产品质量管理体系构建功能模型(见图 1),可反映出各质量问题的负责单位或机构对大部分质量问题所提出的解决方案仍停留在解决现车问题的层面上,并不有利于后期的创新和改善。

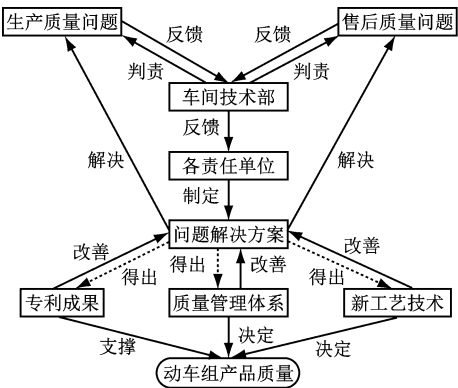


图 1 动车组产品质量管理体系改进模型
Fig. 1 Improved model of EMU product quality management system

1.2 因果链分析

企业内部质量管理问题通常涉及众多因素,只有理顺产生问题的根本原因,才能将现有管理模式进行改善提升,从而有效解决问题^[1]。

以“动车组产品质量提升缓慢”为入手点,运用 TRIZ 的因果链分析法进行分析,得到 3 个问题关键点(见图 2 中虚线圈内内容)。只有对质量问题提供可靠的数据支持,利用解决问题的最佳时机加强相关高技能人才培养,以及简化问题反馈接口,才能从根本上对动车组产品质量管理体系进行改善和提升。

2 利用 TRIZ 工具解决实际问题

2.1 以质量问题缺乏数据支持为问题关键点

2.1.1 冲突矩阵

为保证生产正常有序进行,分析问题时间需较短,但因而会导致分析数据可靠性降低。由此得到

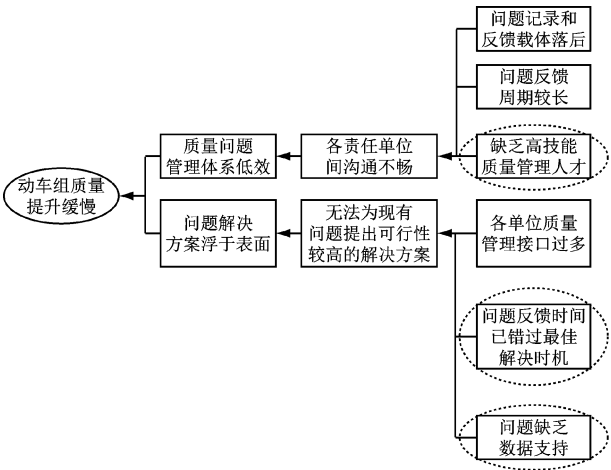


图 2 动车组产品质量改进因果关系
Fig. 2 Causality of EMU product quality improvement

了一组技术矛盾:改善了问题分析的时间损失,同时恶化了分析的可靠性。通过查找矛盾矩阵,得出增加不对称性原理、预先作用原理及柔性壳体和薄膜原理。其中,柔性壳体和薄膜原理并不适用,故应舍弃。

2.1.2 建立质量问题数据库进行问题预处理(方案 1)

2.1.2.1 建立质量问题数据库

收集生产单位及售后部门的故障信息,按照数据库要求录入固定信息:车辆号,车厢号,问题所属系统,故障现象,提报人,责任单位及负责人,以及处理措施等,售后问题须另行录入车辆修程。如有需要,可附加说明文档和分析报告等文件。

2.1.2.2 制定质量问题预处理分类统计模板

质量问题所涉及的原因很多,若要为其提供可靠的数据支持,需要对质量问题的根本原因进行归类。经对已有质量问题进行分析,得出如表 1 所示的分类统计模板。

表 1 质量问题预处理分类统计模板
Tab. 1 Statistics template of quality problem preprocessing classification

各级分类统计模板的种类		
一级分类	二级分类	三级分类
设计类(A)	安装类(1)	不达标类(-)
工艺类(B)	接线类(2)	过标准类(+)
生产类(C)	操作类(3)	
供应商类(D)	料件质量类(4)	

注:括号中的字符与所列的种类信息对应。

通过质量问题描述及处理措施,可判断出质量

问题出现的根本原因。将该原因依照表1的分类要求进行数据库信息录入,可完整分类全部质量问题。在信息录入过程中,分析人员可通过组合模板内分类信息对应括号内的字符,简化录入内容,极大地缩短了信息录入的时间。需要说明的是,在分析过程中对条目中料件的质量类问题进行分类时,需要统计发生质量问题的位置及详细料件信息,其他分类条目只需要记录发生问题的位置即可。

2.2 以错过处理问题最佳时机为问题关键点

2.2.1 分离方法

物理矛盾的解决方法一直是 TRIZ 研究的重要内容,而解决物理矛盾的核心思想是实现矛盾双方的分离^[1]。在处理质量问题的过程中,经常会发生错过处理问题最佳时机的现象。由此可发现,质量问题发生的时间节点为“早”,而质量问题的处理时间节点为“晚”,该问题关键的矛盾双方在某一时段内仅出现一方,因此,应使用 TRIZ 工具从时间上对该问题进行分离,并通过预先反作用原理和事先防范原理得出方案2。

2.2.2 质量问题管理前移(方案2)

当前车间技术部门发现和收集质量问题,主要通过车辆调试试验及售后部门反馈两种途径。通过以上两种途径,在车辆部件安装完毕的情况下均能发现质量问题。在这种车辆状态环境下,部分质量问题极难进行处理。通过对此类问题进行分析,得出在后道工序施工时,能更容易发现前道工序施工中所存在的问题。

结合 TRIZ 的时间分离工具,得出在动车组装配和涂装单元时建立质量记录功能模型,以反馈前道工序施工中带来的质量问题。通过后工序检查前工序中存在的质量问题,再将问题汇总、分析及改善。通过质量记录功能模型,将本该出现在调试单元及售后单元中的质量问题提前解决^[2],如图3所示。

2.3 以缺乏质量管理高技能人才为问题关键点

2.3.1 物质-场模型

运用物质-场模型(见图4)及76个标准解工具,对问题关键点的物质-场模型进行分析,得到标准解“引入外部物质——创新工作室对质量管理工技能人才进行培养”^[3]。

2.3.2 引入创新工作室(方案3)

创新工作室是传统企业中的一个全新的概念,

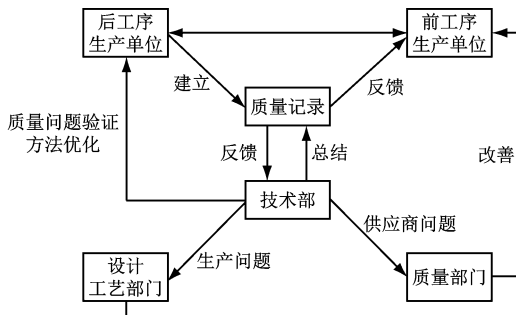
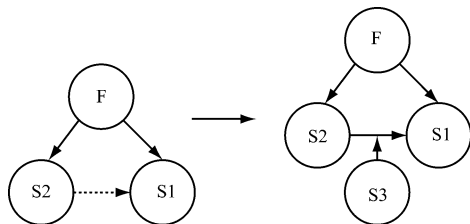


图3 质量记录功能模型

Fig.3 Production quality record function model



注:S1为解决方案;S2为故障处理人员;S3为创新工作室;F为质量问题场。

图4 物质-场模型示意图

Fig.4 Matter-field model

它通过人才、技术、管理等资源整合,为技术攻关、成果转化、人才培养提供平台。在提高管理效率、降低生产成本等方面发挥重要作用。

在动车组产品质量控制中引入创新工作室的概念,可使管理人员和操作者在大量的质量问题中不断得到磨练和提升,通过建立创新思维能力并加以融会贯通,迅速成长为高级质量管理人才。培养高级质量管理人才目标的实现,可以更有效地利用质量问题解决方案,通过从中提取有效创新点完成成果转化,以提高新技术、新工艺、新标准及新专利的输出数量。

2.4 使用其他 TRIZ 工具对课题进行攻关

2.4.1 小人法

当系统内的部分组件不能完成其必要的功能,且相互之间存在典型矛盾冲突时,可以采用2组小人来代表这些部件,并通过第3组能动小人,协助原有小人实现预期的功能,然后根据小人模型对原功能结构进行重新设计。

2.4.2 建立质量经验传承机制(方案4)

动车组产品在短暂的发展历史中,实现了多次产品革新。大量的技术创新使入职较晚的员工在处理质量问题时存在经验壁垒,导致质量问题解决效率较低。小人法中的经验传承机制小人可以有效解决老员工与新员工之间存在的冲突。质量经

验传承机制的具体措施如表 2 所示。

表 2 质量经验传承机制的具体措施
Tab. 2 Quality experience inheritance mechanism program

具体措施	简述	TRIZ 工具的应用
提前制定质量培训计划	对质量管理人员进行有目的的培养	小人法、预先作用原理
学习以往质量问题报告	将已出厂车辆的质量问题报告汇总并分类,提高新员工学习的针对性	小人法、借助中介物原理
录制/直播质量问题处理过程	更换经验传承载体,使质量问题可以更加高效地获取	小人法、借助中介物原理
加强老带新、传帮带措施的实施	通过有经验的员工对新员工的知识传授,实现新员工的快速成长,并对部分未记录的经验知识进行差缺补化	小人法

2.4.3 精简质量问题反馈接口(方案5)

将 1 个或 1 个以上的组件去掉,并将其所执行的有用功能利用系统或超系统中剩余的组件来进行功能替换。

在对部分方案试行过程中,总结出动车组产品质量问题收集时间较晚,解决时间较急的特性。该特性给问题解决方案的输出、汇总及监管带来困难,导致质量管理人员需要投入大量额外的工作时间。针对该矛盾,将原有反馈流程进行裁剪,移除原有的质量问题由车间技术部反馈给各负责人的流程,保留将质量问题反馈给主管领导的流程。裁剪后的流程增加了质量问题负责领导的工作内容,但简化了反馈流程的复杂程度,同时提升了反馈效率和监管力度。

3 动车组产品质量改进模式的整合扩充及优化

3.1 原有质量改进模式功能扩充

为使动车组产品质量问题分析整改更加全面,确保改善后的体系运转更加流畅高效,将原有改进模式进行整合优化,对现用质量问题改进方法进行功能扩充,如图 5 所示。

结合方案 1、方案 2 与方案 5,在各个生产单元建立质量记录监管模式,用于反馈前工序施工存在的缺陷;同时将质量记录汇总至车间技术部门,录入质量问题数据库。在此基础上新增“质量问题分析简报”管理模块,用于生成各类质量问题数据、图表等信息,并输出给各责任单位及新引入的创新工作室作为参考资料,以形成质量信息备忘录。《质量问题分析简报》管理模块的扩充,可以有效对质量问题进行溯源,且从根源上解决质量问题;同时也对质量问题分析提供有效、可靠的数据支撑。

结合方案3与方案4,在加强“传帮带”实施的

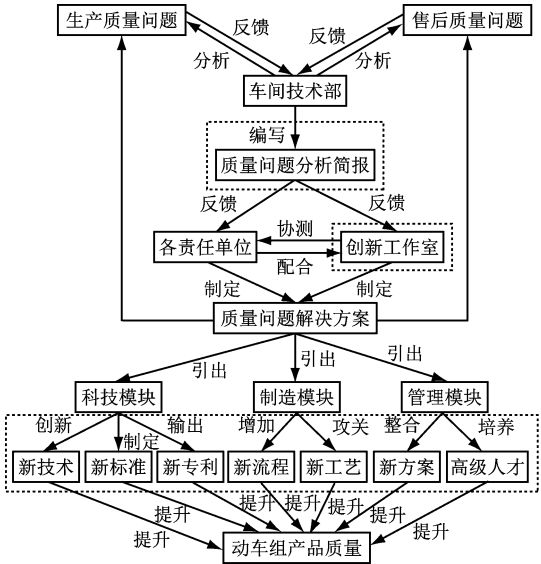


图 5 扩充后的动车组产品质量改进功能模型

Fig. 5 Extended functional model of EMU product quality improvement

同时,引入创新工作室,通过各部门间相互配合,使得输出质量问题的解决方案更具有可持续发展性,方案可执行率及可利用率更高。高质量的解决方案,可引起连环反应,即新技术、新工艺等创新成果输出更多、更稳定,同时高级人才的锻炼和培养速度也得到提升。

3.2 本课题数字化转型优化方案

现阶段动车组产品质量的提升,仍采用纸质或电子文档等低效载体,此类载体在管理上存在严重的时效和容量上的问题。零部件众多、运行工况复杂导致产品质量问题的发生存在随机性,使得质量管理人员难以通过传统记录媒介进行高效工作。

为了解决该问题,结合本课题“提升动车组产品方案的可发展性”的初心,建立动车组产品质量数字化管理平台建设模型(见图 6)。通过部署统一的上传数据节点,增加人机通信交互的次数,实现

对产品全寿命周期的闭环把控,完成对“全部零件、全数成员、全体流程”的数字化统一管理,以达成“提升产品质量”和“增加生产效率”的目标,实现产品全寿命周期数据贯通。使得动车组产品技术状态更加清晰,质量提升方案轮廓更加具体。

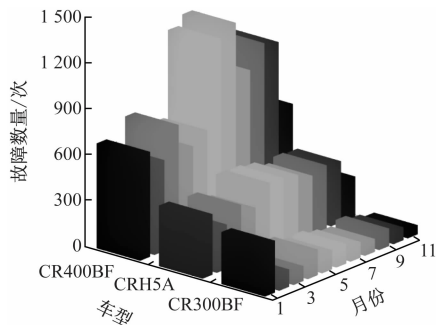


图6 动车组产品质量数字化管理平台建设模型

Fig. 6 Construction model of digital management platform for EMU product quality

4 结语

本文从整合优化后的质量改进模式的实际应用中得出,新质量改进模式极大地提升了质量问题信息的利用率。质量问题数据库协同质量分析简报管理模式能够有针对性地解决错过最佳时机的

(上接第128页)

与系统设定的阈值进行比较,可预警提示给管理人员。

4 结语

城市轨道交通车辆轨旁智能运维技术通过对车辆的监测运维管理,基于轨旁AI中台进行建模智能决策,可以有效延长车辆上线率、减少运用成本,从而降低综合检修成本;同时该技术可有效支撑轮对各级检修过程中参数的优化,使其采取更加灵活的检修限度。实践证明,该研究成果可有效提升城市轨道交通车辆运用、维修和管理水平,具有良好的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 徐佳宁. 轨道交通车辆智能运维系统初步搭建[J]. 轨道交通装备与技术, 2021(4): 39.
- XU Jianing. Preliminary construction of intelligent operation and

质量问题,同时为创新工作室提供数据支撑,使动车组制造工艺标准得到完善和提升,使专利输出及高级人才培养也能够持续进行。同时,本质量改进模式也为动车组产品“数字化转型”提供有效参考,为动车组产品质量问题数字化平台的搭建打下基础。

参考文献

- [1] 李永平,汪旭东,辛优美,等. TRIZ在科研创新管理中的应用[J]. 科技创新与应用, 2019(14): 30.
LI Yongping, WANG Xudong, XIN Youmei, et al. Application of TRIZ in scientific research innovation management[J]. Technology Innovation and Application, 2019(14): 30.
- [2] 赵文燕,张焕高,檀润华,等. TRIZ在管理流程优化中的应用[J]. 工程设计学报, 2008(2): 79.
ZHAO Wenyao, ZHANG Huangao, TAN Runhua, et al. Application of TRIZ in management process optimization[J]. Journal of Engineering Design, 2008(2): 79.
- [3] 陈武,张玮,刘拓,等. 国家电网特色管理理论探讨[J]. 科技和产业, 2014(5): 70.
CHEN Wu, ZHANG Wei, LIU Tuo, et al. A study on the characteristic management theories of state grid corporation of China[J]. Science Technology and Industry, 2014(5): 70.

(收稿日期:2021-09-28)

maintenance system for rail transit vehicles [J]. Rail Transit Equipment and Technology, 2021(4): 39.

- [2] 马正强. 智能运维对城市轨道交通运营维护提质增效的可行性研究[J]. 流体测量与控制, 2021(3): 47.
MA Zhengqiang. Feasibility study of intelligent operation and maintenance on improving the quality and efficiency of urban rail transit operation and maintenance [J]. Fluid Measurement & Control, 2021(3): 47.
- [3] 蔡景荣,王建强,邹臣国. 呼和浩特地铁车辆智能运维系统概述[J]. 铁道机车与动车, 2021(6): 19.
CAI Jingrong, WANG Jianqiang, ZOU Chenguo. An overview of intelligent operation and maintenance system of Hohhot metro vehicle [J]. Railway Locomotive and Motor Car, 2021(6): 19.
- [4] 陈晓鸣. 基于智能运维系统的地铁车辆故障维修模式和车队管理模式优化[J]. 城市轨道交通研究, 2021(增刊1): 146.
CHEN Xiaoming. Optimization of metro vehicle failure repair and fleet management mode based on intelligent operation and maintenance system [J]. Urban Mass Transit, 2021(S1): 146.

(收稿日期:2021-09-28)