

专题导语: 自主创新, 方法先行。我国自2007年启动创新方法推广应用工作, 致力于从源头推进自主创新国家战略, 同时科技部启动了创新方法工作专项, 从资金方面支持此项工作的开展。创新方法研究会组织创新方法高层论坛、海峡两岸创新方法(TRIZ)研讨会, TRIZ研究会组织中国TRIZ高级研讨会, 这些学术活动的开展促进了创新方法的研究及推广应用。本期创新方法专题所刊出的四篇文章由创新方法工作十周年暨多方法融合创新座谈会推荐, 是学者们关于生产效率、用户体验设计模型、技术预见及我国中部地区创新方法推广应用现状与对策的研究成果。读者们可以透过这些成果, 了解该领域理论研究与应用的一些进展, 促进创新方法在企业创新驱动发展中的应用。

檀润华

国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心, 河北工业大学

提高电缆下线工艺生产效率的创新设计

曲双¹ 孙琳琳² 黄钰博³

¹(中车长春轨道客车股份有限公司, 长春 130062) ²(吉林大学机械学院, 长春 130000)

³(吉林大学艺术学院, 长春 130000)

〔摘要〕 本文以中国中车动车生产中的电缆下线工序为研究对象, 运用工业工程与TRIZ创新方法相结合的方式对该工序生产效率进行提升。作者根据现有工艺流程进行作业分割, 对分割出的每一步作业进行连续多次测时, 将测量数据统计分析得到改进空间大的作业, 分别运用目视化管理、视线轨迹追踪等工业工程类的方法进行改善, 通过改进挂线架、剪线表和卷线机解决了上述发现的问题。同时, 本文对整个系统建立功能模型, 通过功能分析找出问题的关键因素, 运用一系列的TRIZ的工具解决问题。

〔关键词〕 TRIZ创新理论 功能分析 矛盾矩阵 电缆下线工艺 冲突 小人法

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2017.11.018

〔中图分类号〕 F273.1; F224 〔文献标识码〕 A

引言

随着全球经济的快速发展, 产品工艺创新已成为市场制胜的关键。制造业竞争中概念设计产品创新设计是最重要的阶段, 可以预测未来的先进技术并可以快速开发新一代产品, 它关乎企业生存与长远发展^[1]。发明问题解决理论提供了寻找创造性的解决问题的几种新方法。TRIZ除了用于生成发明, 它的一些工具可以应用于战略管理的支持, 以支持战略决策^[2]。

动车组的电气系统通常集控制、网络、高压、变频于一体, 如果想要保证整个电气系统能够安全高效工作, 每个工序都至关重要。优化电缆下线工艺并且提高电缆下线的质量, 不仅能够保证系统的正常工作, 而且还关系到安全^[3]。

然而, 目前的解决方案都有其各自的局限性:

剪线表在工人进行核对数值时, 机器容易因为字小、信息多而出现找不到或找错的情况; 自动的下线机虽然全自动化, 但是每次只能完成一根电缆的下线, 生产效率太低; 尼龙网虽然拖住了掉下的电缆, 防止损害电缆, 但导致了电缆交错脱落到尼龙编织网上, 出现较混乱的场景, 增大找线难度。

企业如果想要取得持续的发展, 就要在产品和服务上进行不断的创新, 而新产品开发和服务创新又是个复杂的过程^[4], 因而在产品制造过程中的工艺创新就日益被人们重视起来。在这个过程中决策者要解决各种矛盾冲突, 以此实现工艺过程的创新。TRIZ是创新一般化理论, 冲突是定义技术问题的根本, 创新的重点在能否发现并且解决冲突问题, 这就确立了冲突在TRIZ中的重要地位^[5]。TRIZ的核心是技术进化原理, 按照这

收稿日期: 2017-09-01

作者简介: 曲双, 中车长春轨道客车股份有限公司高级工程师。研究方向: 轨道客车装备制造工艺技术。孙琳琳, 吉林大学机械学院讲师。研究方向: 技术创新, 精益生产, 人因工程, 专利规避。黄钰博, 吉林大学艺术学院学生, 本科。研究方向: 工艺创新, 技术创新。

一原理, 技术系统一直处在进化之中, 解决矛盾是系统进化的推动力。

通过在工艺策划阶段运用 TRIZ 工具和工业工程中精益的思想可以有效地降低生产线上的浪费, 减小制造成本, 从而保证产品制造的流畅性, 减少非增值行为, 最大限度满足客户需求^[6]。

1 问题背景和系统分析

1.1 问题背景

电缆下线工艺在制造企业中主要包括测量、剪线和缠绕成卷这三个主要工步。通过走访调查发现, 在测量和剪线这两个主要工步中存在瓶颈。因此本文选择 35mm² 以下的电缆下线工艺中测量工装进行改进设计为例; 而在剪线工序中电线电缆落地等因素直接影响着整个剪线工序的生产效率, 因此本文以此来进行优化设计。

1.2 系统分析

针对电缆下线工艺效率低的问题, 首先总结出剪线过程过于复杂、操作工人“空走”时间过长、线缆落地整理时间过长 3 个主要原因, 然后通过因果分析进行逐层深层次分析, 得出若干个根原因, 绘制出因果图如图 1 所示。

根据绘制出的因果图可以看出, 剪线过程过于复杂这一问题的根本原因是: 质量要求高、表格中数据多、表格数字小容易看串行、过线架线型摆放过于凌乱、操作者拽线的速度过快、操作者采用拽线行走的方式等, 这些总体属于人和物之间的关系问题, 处理这类问题可以用工业工程

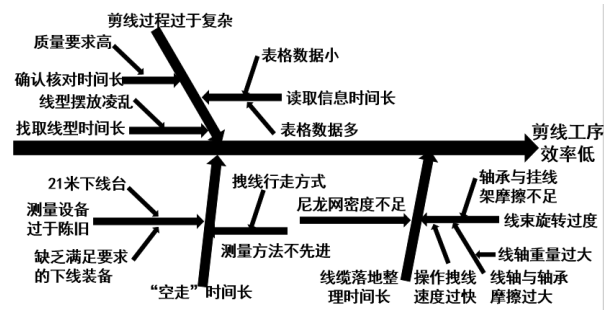


图 1 因果分析图

的传统方法; 而对于操作工人“空走”时间过长、线缆落地整理时间过长两个问题的根本原因是: 21 米下线台案、缺乏满足要求的下线设备、轴承与挂线架之间摩擦力不足、线轴与轴承之间摩擦力过度、线轴的重量过大等, 这些总体属于设备问题, 可以采用 TRIZ 创新方法来解决。

因此, 我们把电缆下线工艺效率低的问题主要分成两个大块来解决, 针对人与物关系问题采用工业工程的传统方法解决, 针对机器问题采用 TRIZ 创新方法来解决。

2 寻找瓶颈工序与优化

2.1 寻找瓶颈工序

通过观察整个电缆下线工序, 进行该工序操作视频的录制, 经过分析对工序进行划分, 一共分割出 10 个小步, 分别是: 找线、对线号、套线套、拉线剪断、套线套、整理线、胶带固定、围成圈、卷线器卷线、粘胶带。用秒表对该工序进行连续 10 次观测, 记录下每一小段作业的作业时间如表 1 所示。

表 1 作业观测时间 (单位: 秒)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
找线	131	132	130	133	160	124	130	134	120	132
对线号	130	127	120	126	128	127	125	125	126	123
套线套	37	36	36	35	37	35	37	38	36	37
拉线剪断	20	21	19	20	20	18	21	18	19	22
套线套	23	25	24	22	21	23	22	23	24	22
整理线	56	55	55	52	54	55	56	54	50	57
胶带固定	40	40	41	40	39	40	42	39	40	41
围成圈	45	44	46	44	45	45	44	47	46	44
卷线器卷线	50	51	50	50	48	49	210	50	50	49
粘胶带	40	38	41	42	40	39	40	40	38	39

在现场直接观测数据的过程中, 极其容易因为各种因素的干扰产生超出正常的的数据, 这种数据被作异常值。如果需要取得较为精确的数据,

往往需要进行数据统计分析找出异常项, 并分析异常值产生的原因。

统计出十个步骤观测值的平均时间, 计算标

准差,在这里选取平均值的左右两边各两个标准差作为区间,区间内的观测值为合理数值,区间外的观测值作为异常值剔除,重新计算观测数据平均值如表2所示。

根据以上表格中的数据,我们可以得出作业时间分布图如图2所示。

表2 作业统计时间(单位:秒)

	平均值	标准差	下限	上限	新均值
找线	132.6	10.01	112.58	152.62	129.56
对线号	125.7	2.61	120.48	130.92	126.33
套线套	36.4	0.92	34.57	38.23	36.4
拉线剪断	19.8	1.25	17.30	22.30	19.8
套线套	22.9	1.14	20.63	25.17	22.9
整理线	54.4	1.96	50.48	58.32	54.4
胶带固定	40.2	0.87	38.46	41.94	40
围成圈	45	1.00	43.00	47.00	45
卷线器卷线	65.7	48.11	-30.51	49.67	264.11
粘胶带	39.7	1.19	37.33	42.07	39.7

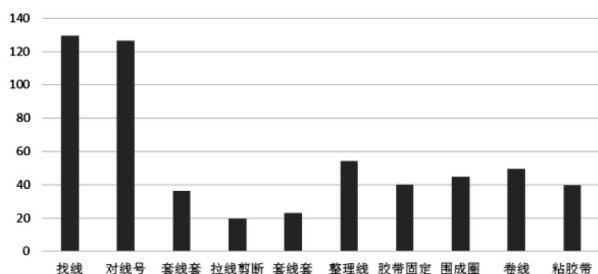


图2 作业时间分布图

通过以上图表可以清晰地反映出整个电缆下线工序各个作业步骤的操作时长,从中我们可以看出,找线、对线号两个步骤耗时最多,所用时间远远高出其他步骤,除此之外找线、对线号、卷线器卷线这3个步骤数据统计的标准差居高。操作耗费时间、操作时间不稳定不但可以说明这几个步骤作业复杂、现有作业存在问题,更能说明这几个步骤的作业改进空间很大,需要提高作业效率的迫切性。即在整体电缆下线工序的作业中,找线、对线号、卷线器卷线这3个步骤已经成为制约生产、影响质量、拉低效率的工序瓶颈问题,需要在接下来的研究中运用工业工程相关方法予以改进。

2.2 找线步骤的优化

在生产现场可以明显感觉到线轴、线架等设备、物料的摆放过于混乱。线型号标在线轴侧端,随着线轴的转动线型号可能处于任意角度,造成操作人员找线困难,耗费时间过长,从而严重影响生产效率。

经过在生产现场对找线这一工步的反复观察,我们总结出操作工人找线的工作步骤大致如下:

确定所需电缆线型号→寻找过线架上标签→寻找当前工位线轴架上线轴标号→寻找其它工位线轴架上线轴标号→找到对应线型号电缆线

从中可以清晰看出,整个寻找的过程要经历过线架、当前工位线轴架、其它工位线轴架3个地点,根据 ECRS 原则中的合并,可以取消多余的重重复动作,把3个地点的寻找动作合并为一次动作,合并后的操作工人找线工作步骤如下:

确定所需电缆线型号→寻找看板上标签→找到对应线型号电缆线

这里采取目视化管理的看板形式,将线轴按照使用频率、种类进行合理排序后制作标签安插在看板上的相对位置,而看板的线型号和线轴架上线轴的位置是一一对应的,所以只需找到线型号在看板上的位置,就可以得知线轴在线轴架上的实际位置。

3 功能分析和改进设计

3.1 功能分析

本文针对电缆下线工艺系统进行分析,找到了适合的层级,列举出9个系统及超系统组件:电缆线、线轴、轴承、挂线架、过线架、下线台案、尼龙过线板、卷线机、地面。然后对两两组件之间的相互作用关系进行分析,得出电缆下线工艺系统功能模型图如图3所示。

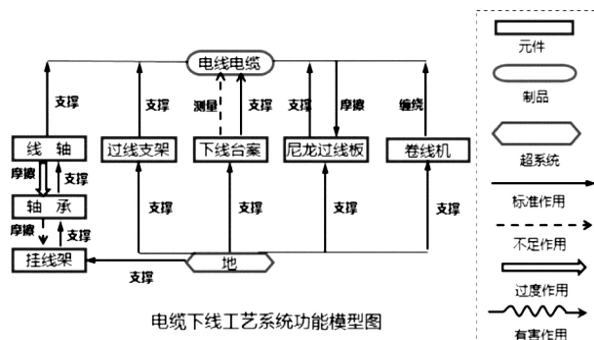


图3 电缆下线工艺系统功能模型图

3.2 电缆线落地问题改进

3.2.1 问题分析

通过功能模型分析,得出导致线轴惯性旋转线落地问题的功能因素。在建立的功能模型图中选择目标问题如下:如果线轴对轴承之间的摩擦力过度,线轴随着轴承旋转,多余线落地;如果轴承对挂线架之间的摩擦力不足,在惯性的作用下,轴承旋转,带动线轴一起旋转,多余线落地。本文以“线轴对轴承之间的摩擦力过度”为关键入手点解决问题。

3.2.2 技术冲突解决问题

针对线轴对轴承之间的摩擦力的问题,对冲突的描述为:为了改善剪线系统的线落地现象,我们需要增加线轴与轴承的摩擦力,但这样做会导致系统的生产效率降低。

由以上描述可见,改善线落地的长度、恶化剪线速度,这是技术冲突模型。把改善和恶化的内容在 39 个通用技术参数中找到相对应的标准参数,即改善的参数: NO.3 运动物体的长度;恶化的参数: NO.9 速度、NO.39 生产率。根据改善和恶化的参数,在矛盾矩阵中查取到推荐使用的发明原理有: NO.13 反向作用原理、NO.4 增加不对称性原理、NO.8 重量补偿原理、NO.14 曲面化原理、NO.28 机械系统替代原理、NO.29 气压和液压结构原理。

(1) 依据 NO.13 反向作用发明原理,让物体或环境,可动部分不动,不动部分可动,得到解如下:将线轴的两端挡板更改为一端挡板,将轴承旋转结构改为固定摆放结构,进而将原先动的线轴,变成静止的线轴,彻底消除了线轴与轴承之间的摩擦力。

(2) 依据 NO.14 曲面化发明原理,将物体的直线或平面部分用曲面或球面替代,得到解如下:将原电线电缆的直线路径更改曲线路径,将两端挡板更改为一端挡板,将轴承旋转结构改为固定结构,利用线轴自身重力减少惯性作用力。

3.2.3 物理冲突解决问题

针对线轴对轴承之间摩擦力的问题,对冲突的描述为:为了提高生产效率,需要摩擦力小,但为了减少线轴惯性旋转引起的电缆线落地,又需要摩擦力大,这种对于摩擦力一大一小两种相反方向的需求就是该问题的物理冲突。考虑到线

轴与轴承之间的摩擦力在不同的时间段具有不同的特性,因此该冲突可以从时间上进行分离。通过分离原理与 40 个发明原理的对应关系可以查得与时间分离相对应的发明原理。

依据 NO.11 事先防范原理,用事先规划好的应急措施弥补系统可靠性的欠缺,得到的解如下:在线轴底部设置“楔子”,用于固定线轴。当线轴随着惯性旋转时,利用楔子作用,使其摩擦力增大,停止旋转。

3.2.4 物质——场模型解决问题

根据功能分析, S2= 线轴, S1= 轴承, F1= 机械场,用符号系统表示该功能模型。选取 76 个标准解中合适的解,解决问题。

根据所建问题的物质——场模型,应用标准解解题流程,得到标准解法:(1) 第一类建立或拆解物场模型,引入 S3 来抵消 F1 的有害作用。依据选定的标准解,得到问题的解决方案:在轴承端部增设小型可双向旋转定时电机,当线轴刚拽线时,电机沿着线轴相同的旋转方向旋转,减少拽线时的阻力;当不拽线时,电机沿着线轴相反的旋转方向旋转,减少惯性旋转。在下线台案处设立电机开关,采用集成控制,对挂线架线轴进行控制;(2) 第一类建立或拆解物场模型,用场 F2 来抵消有害作用。得到问题的解决方案:对挂线架进行改进,在线轴处安装减速元件,利用控制元件控制减速元件的作用时间。拽线时,线束经过控制元件时,减速元件不工作;不拽线时,线束不经过控制元件时,减速元件工作;(3) 第二类对物场模型的较大改变,使系统更加动态化。得到问题的解决方案:将手动剪线过程采用全自动剪线,在即将到达指定长度时,剪线速度均匀减慢成 0,最终摩擦力足够大,使线轴停止,避免因惯性而继续旋转。

3.2.5 小人法解决问题

用小人法对当前问题进行分析,冲突区域仅当线轴旋转且不受作用力时才发生。即当线轴不受作用力时,线轴随着轴承继续旋转。在线轴旋转下,因为轴承小人与线轴小人贴合紧密,线轴随着轴承一同旋转,无法在轴承旋转的情况下,快速停止旋转。小人模型如图 4 所示。

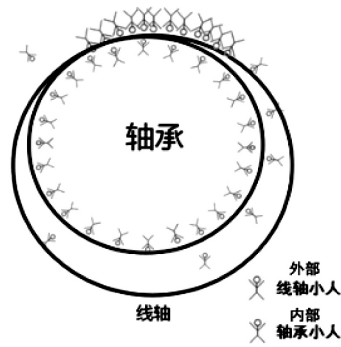


图4 小人模型图1

通过上述思考得出如下方案：利用鼓刹原理，在轴承内部设置制动器，在需要停止的时候，启动制动装置，由接触产生的摩擦力来抑制轴承之转动以达成停止转动之目的。鼓刹的成本较低、绝对制动力更高，原理图如图5所示。

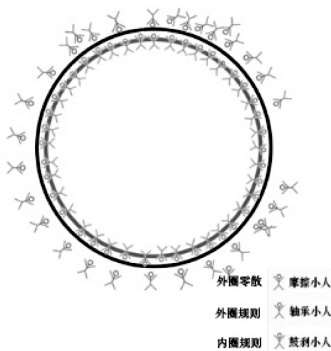


图5 鼓刹线轴

3.2.6 利用效应解决问题

对于当前问题，确定问题要实现的功能为：改变摩擦力。查找效应知识库，得到可用的效应为“含有铁磁粒子的磁场影响”，依据该效应得到问题的解决方案：依据“含有铁磁粒子的磁场影响”效应，通过改进轴承的结构，将轴承改为内部带有铁芯的线圈轴承。当电流通过线圈的时候产生磁场，而铁芯将线圈的磁场增强，强化磁场效应，进而使带有金属圈的线轴被吸附，增大摩擦，抵消惯性。

3.2.7 方案汇总

3.3 电缆线测量工装改进

3.3.1 问题分析

通过功能模型分析，我们描述了系统元件及其之间的相互关系，并得出导致 35mm^2 以下电缆下线工艺的效率很低，且占用厂房大量空间问题的功能因素。在建立的功能模型图中选择目标问

表3 电缆线落地问题解决方案汇总表

序号	方案	所用创新原理	可行性
1	挡板结构的电缆线轴	技术冲突	● 强可行
2	上端滚轴支架	技术冲突	● 强可行
3	楔子固定器	物理冲突	● 强可行
4	双向定时电机	物质场分析	○ 弱可行
5	增加减速元件	物质场分析	○ 弱可行
6	全自动剪线机	物质场分析	● 强可行
7	鼓刹线轴	小人法	○ 弱可行
8	带有铁芯的线圈轴承	效应	○ 弱可行

题为：21米测量台使得整个测量的效率不高。因此以“缩小21米测量台长度”为关键入手点解决问题。

3.3.2 技术冲突解决问题

针对21米测量台使整个测量效率不高的问题，对冲突的描述为：为了节省测量台系统所占空间，我们需要减小测量台的长度，但这样做会导致系统的测量范围及测量难度恶化。通过以上描述可以发现，改善了测量台的长度，恶化了测量范围及测量难易度，这是技术冲突模型。把改善和恶化的内容在39个通用技术参数中找到相对应的标准参数，即改善的参数：NO.15运动物体的作用时间；恶化的参数：NO.35适应性、通用性，NO.37控制和测量的复杂性。根据改善和恶化的参数，在矛盾矩阵中查取到推荐使用的发明原理：NO.1分割原理、NO.35物理或化学参数变化原理、NO.13反向作用原理、NO.19周期性作用原理、NO.29气压和液压结构原理、NO.39惰性环境原理。

依据NO.19周期性作用原理，用周期性动作代替连续动作，得到解如下：将下线台改进为旋转下线台，将剪线与卷线合为一体。设定剪线长度后，固定线束端部，一遍旋转，一遍计长度，待到达长度后，旋转停止，在规定位置切断电线，剪线完成。

3.3.3 物理冲突解决问题

针对21米测量台使整个测量效率不高的问题，对冲突的描述为：为了节省厂房空间，提高测量效率，需要下线台长度短，但又为了测量范围足够大，需要下线台长度长，即下线台长度既

要长,又要短。这种对于下线台长度一长一短两种相反方向的需求就是该问题的物理冲突。考虑到测量台长度在不同的条件下具有不同的特性,因此该冲突可以从条件上进行分离。通过分离原理与40个发明原理的对应关系可以查得与时间分离相对应的发明原理。

依据NO.14 曲面化原理以及空间结构特点,用螺旋滚轴的方式代替原来的直线测量,且滚轴上标有刻度,利用了原本没有使用到的测量台的下面,这样既可以完成测量又可以相对直线节省空间。

3.3.4 物质——场模型解决问题

根据功能分析, S2= 极短下线台, S1= 电线电缆, F1= 检测场, 用符号系统表示该功能模型。选取76个标准解中合适的解, 解决问题。

根据所建问题的物质——场模型, 应用标准解解题流程, 得到标准解法:

(1) 利用标准解完善物场模型和创建双、多物场模型。得到问题的解如下: 结合上述电磁感应测量器的方案, 把剪线钳分为4份, 每一份上面会有电磁计数器, 这样通过每个槽的电缆线会显示长度。这样剪线钳既可以完成剪线的功能, 又能完成测量的功能, 同时与卷线机结合, 让卷线机完成带动线缆的功能。

(2) 利用双物场模型标准解, 现有系统的有用作用 F1 不足, 需要进行改进, 但是又不允许引入新的元件或物质, 这时可以加入第二个场 F2 来增强 F1 的作用, 得到问题的解如下: 把计数齿轮与传动齿轮的啮合做成动态的, 然后把压线板作为计数齿轮与传动齿轮啮合度的调节装置, 这样卷线器既可以实现卷线功能, 又可以实现计数功能, 同时节省空间。

(3) 利用测量物质场的合成标准解, 在物场模型中引入一个新的场, 弥补现有极短下线台对电缆线作用不足的问题。依据选定的标准解, 得到问题的解决方案: 在下线台一端上安装电磁感应装置, 运用电磁感应效应, 利用所要测量线束本身是电线的特性(其内部有铜芯), 这样下线台就可以做成短的工作台, 只供操作者操作, 而测量的部分运用电磁场以保证测量的范围及准

确性。

3.3.5 小人法解决问题

小人法对当前问题进行分析, 做出小人法模型。当前情况为: 灰色小人不动, 黑色小人自己动, 灰色小人支撑黑色小人, 如没有灰色小人, 黑色小人无法被测量。我们考虑对小人的功能进行重新分配: 灰色小人变为能动的, 可以随着线束的长度变换, 这样在测量短距离线束的时候不需要展开整个测量台, 同时可以减少人员走动距离, 提高效率。小人模型如图6所示。

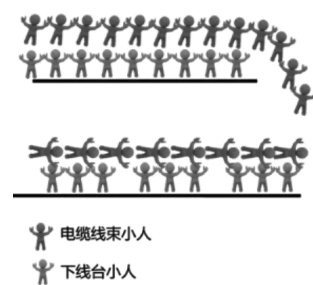


图6 小人法模型图2

根据以上小人法模型的分析, 得出如下方案: 把下线台做成可伸缩式, 与卷线机在一个传动机构上, 这样卷线机可以随着下线台的伸展动, 以至于如果测量距离短时, 不需要走到下线台端部进行卷线。

3.3.6 利用效应解决问题

对于当前问题, 确定问题要实现的功能为: 探测物体位移。查找效应知识库, 得到可用的效应为“光电效应”, 依据该效应得到问题的解决方案: 利用光电效应中的红外测量功能, 测量装置可以安装在工作台上, 也可以安装在卷线机或者剪线钳上。

3.3.7 方案汇总

表4 电缆线测量工装效率低问题解决方案汇总表

序号	方案	所用创新原理	可行性
1	旋转下线台	技术冲突	●弱可行
2	螺旋滚轴式下线台	物理冲突	●弱可行
3	可测量断线器	物质场分析	●强可行
4	下线卷线机	物质场分析	●强可行
5	电磁感应测量器	物质场分析	●强可行
6	伸缩式下线台	小人法	●弱可行
7	红外测量仪	效应	×不可行

4 总结

本文通过对动车电缆下线工艺的分析,将解决问题的思路明确化。通过因果分析将电缆下线工艺效率低下的问题分解如下:(1)人与机器物料之间的问题,在这方面采用工业工程的方法解决;(2)机器问题,采用TRIZ创新理论寻求解决方案。主要结论如下:

(1)工业工程传统方法运用方面,先进行作业划分,然后通过秒表测时法统计出找线、对线号、卷线器卷线这3个工步的问题。针对这3个问题分别采用目视化管理、视线注意分析等方法进行改进解决。

(2)TRIZ方面主要解决电缆线落地问题和电缆线工装测量效率低的问题。通过功能分析找到问题根源及入手点,然后通过矛盾分析、物场分析、小人法、效应库等一系列方法得出问题的解决方案。对于电缆线落地问题,一共得出挡板结构的电缆线轴、上端滚轴支架、楔子固定器、双向定时电机、增加减速元件、全自动剪线机、鼓刹线轴、带有铁芯的线圈轴承8种方案;对于电缆线工装测量效率低的问题,一共得出旋转下线台、螺旋滚轴式下线台、可测量断线器、下线卷线机、电磁感应测量器、可伸缩式下线台、红外测量仪7种方案。针对运用TRIZ创新方法得到的方案,运用层次分析法由专家打出比重,

经过一系列的计算得出最终权重,从而确定了采用挡板结构的电缆线轴解决电缆线落地问题,采用下线卷线机解决电缆线工装测量效率低的问题。

参 考 文 献

- [1] ZHANG Ruijun, ZHANG Mingqin, WANG Xiaowei, HAN Lifang, Li Min College of Mechanical and Electronic Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan, 250101, China. THE INNOVATIVE DESIGN ON THE SCHEME OF THE VERTICAL TURN STEREO GARAGE BASED ON TRIZ AND AD[A]. Institution of Engineering and Technology (IET), Chinese Mechanical Engineering Society. Proceedings of International Technology and Innovation Conference 2009[C]. Institution of Engineering and Technology (IET), Chinese Mechanical Engineering Society, 2009: 6.
- [2] Martin G. Moehrle, Hagen Lessing. Profiling Technological Competencies of Companies: A Case Study Based on the Theory of Inventive Problem Solving [J]. Creativity and Innovation Management, 2004, 13(4): 231~239.
- [3] 康瑛, 李武, 范红云. CRH380BL型高速动车组布线工艺优化[J]. 轨道交通装备与技术, 2015, (05): 44~46.
- [4] 张辉. 基于TRIZ的新产品创新冲突矩阵的构建[D]. 河北工业大学, 2012.
- [5] 马力辉. 面向多冲突问题的TRIZ关键技术研究[D]. 河北工业大学, 2007.
- [6] 曲双, 王亚男. 精益管理在动车组工艺策划中的应用[J]. 山东工业技术, 2016, (14): 202.

Process Innovation of Improving Cable Production Efficiency

Qu Shuang¹ Sun Linlin² Huang Yubo³

(1. CNR Changchun Railway Vehicles Co., Ltd, Changchun 130062, China;

2. Institute of Machinery, Jilin University, Changchun 130000, China;

3. Art College, Jilin University, Changchun 130000, China)

[Abstract] In this paper, the production process of electric cable in China is taken as the object of study, and the production efficiency is improved by combining industrial engineering with TRIZ innovation method. According to the existing process for job segmentation, the division of each step of the operation for a number of continuous measurement, by the statistical analysis of the measured data to improve the space of large operations, respectively, using visual management, line of sight tracing and other industrial engineering method to improve, by improving the hanging frame, cut line table and winding machine to solve the above problems. At the same time, the function model of the whole system is established, and the key factors of the problem are found through the functional analysis to use a series of TRIZ tools to solve the problems.

[Key words] TRIZ innovation theory; function analysis; contradiction matrix; electric cable technology; conflict; liliputian method

(责任编辑:史琳)