

基于铁路信号安全型继电器返修过程精益生产改善研究

马力¹ 徐美乐²

1. 西安铁路信号有限责任公司 陕西 西安 710100

2. 西安铁路信号有限责任公司 陕西 西安 710100

摘要: 铁路信号安全型继电器(以下简称继电器)是公司的核心产品之一,2020年公司率先引进了继电器自动化生产线。生产由原来的传统生产模式转变为工位制节拍化^[1]流水线,实现了产线的数字化、智能化转型升级。2024年又完善了继电器成品自动化包装线,但当前继电器返修过程仍为传统多人交叉作业方式,成为影响继电器返修质量和返修效率的难点和堵点。为了打通这一过程,我们进行了精益生产改善研究,专门设计和制作符合铁路安全型继电器返修用一体式标准工位^[2],旨在“提质、降本、增效”。

关键词: 继电器返修;精益生产改善;标准工位;双连杆快速紧固和开启机构及翻转自动锁闭和一键解锁机构;螺丝和螺母自动分离机构;工位制节拍化

1 现状分析和精益生产改善目标

1.1 现状分析

目前,生产车间在完成日常继电器生产任务的同时,还需完成每月2000~6000台继电器的返修任务。通常为6人在设置的2张简易办公桌上返修,作业面积狭小、作业方式无辅助工装,采用多人交叉作业,容易造成继电器外壳表面划伤、异物吸附或粘连带入零件和无尘车间、损伤零件、漏序等返修质量风险,且返修效率低下、劳动强度高,现场工作环境管理混乱等问题。

继电器返修具体过程如下:

继电器返修生产现场作业模式和工作环境采用传统方法和普通作业环境。经测算,平均完成200台继电器的返修工作需要花费约154分钟,平均到每一返修工序所用的工时为:(1)逐台将继电器从包装盒中取出,并整齐摆放到桌子上需要8分钟;(2)逐台取出继电器绑绳,并完成罩壳顶部粘贴的可取纸成品码去除工作需要30分钟;(3)逐台将继电器向前翻转90度需要15分钟;(4)逐台将继电器底座粘贴的可取纸合格证去除需要30分钟;(5)逐台将继电器向前翻转90度需要15分钟;(6)逐台将继电器底座铅封去除需要7分钟;(7)逐台将继电器外罩4个螺丝拆除需要25分钟;(8)逐台将继电器向后翻转180度需要18分钟;(9)收集桌子上的螺丝螺母需要6分钟。以返修200台为例,6名人员参加返修作业,共需时长为154分钟,其中不可削减工序为序号1、2、4、6、7,通过一体式返修翻转标准工位可替代工

序为3、5、8、9,可减少工序用工时,可削减用时为54分钟,以总工序时间和可节省的工序时间计算,在其他作业条件不变的情况下,可提高效率35%以上。

1.2 精益生产改善目标

俗话说:需要乃发明之母。我们按照生产车间继电器返修需求,设计和制造铁路安全型继电器返修一体式标准工位。我们的精益生产改善目标是:实现表一中1至9工序单人操作,一次可同时完成20台继电器同时返修翻转。减少返修操作人员3人,减少作业人员接触继电器的次数,降低由于去除可取纸合格证后,继电器吸附和粘连桌面异物的质量问题。从而提高了继电器返修质量,提高生产效率35%以上,降低生产成本和员工劳动强度,改善现场工作环境。

2 精益生产改善

2.1 精益生产改善的理念

(1) 提高产品质量。解决多人交叉作业容易造成继电器外壳表面划伤、异物吸附或粘连带入继电器和无尘车间、漏序等返修质量问题。

(2) 降本增效。从标准工位的设计、工艺、制造过程和车间生产需求等综合控制成本,提高效率。

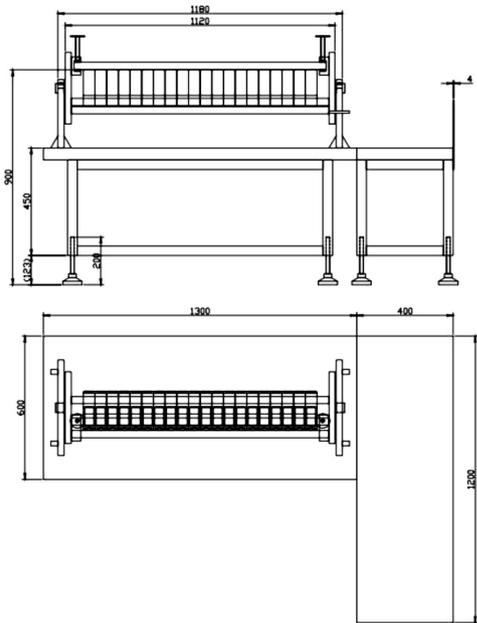
(3) 改善工作环境、降低员工劳动强度。

2.2 精益设计

(1) 从设计之初,我们就充分考虑了低碳环保、不过度设计、不过分加工、维保方便,有利于推广和应用等因素。根据继电器的产品技术工艺、产品外形尺寸、人员安全防护、工具6S管理、临时周转等要求,结合人体工学,我们选择了无动力、设计精巧、方便加工,可

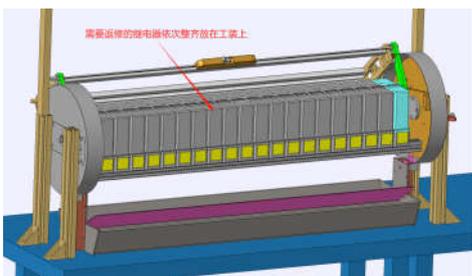
马力,1983.3,男,工程师,大学本科,精益生产和标准化

实现单人操作的工位台面尺寸、自由调节高度、翻转盘整体安全防护、装载容量大等一体式返修标准工位，整机设计外形尺寸图（如图一所示）。



图一

（2）依据我们常用的连杆机构的机械原理，确定了翻转的角度，选择双连杆行程半径的大小范围，综合评估翻转紧固机构的固定位置。通过计算和反复计算机辅助模拟，找到适合的圆心位置和连杆长度。并根据荆棘齿的机械原理，当两侧轮盘上的固定齿与限位卡件的齿啮合时，由于两者是斜面和斜面接触，推动限位卡件往后退，反向就会卡紧锁住紧固上盖，使翻转盘和上盖成为一个整体。开盖时再通过中间的扳手拉动钢丝脱开两侧轮盘上的固定齿，实现20台继电器的快速紧固和开启。当翻转盘转动到特定角度后，通过垂直弹簧销子，自动限制其继续转动，拨动弹簧销子，可继续转动翻转盘，同时实现翻转盘的自动锁闭和一键解锁。我们选择了一次性可装载20台继电器的双连杆快速紧固和开启以及翻转自动锁闭和一键解锁机构^[3]，零件设计三维图（如图二所示）。



图二

（3）根据凸轮的机械原理，利用固定架在旋转过程中带动接料盘上方的分隔叶片自动分离螺丝螺母。叶片驱动由侧边的带轮传动，当拨片翻转一定角度并超过垂直位置后，由于重力原因叶片自动翻转到反方向，从而分别完成螺丝和螺母的自动分离工作，方便螺丝和螺母的二次利用。我们选择了螺丝和螺母的自动分离机构^[4]。

2.3 精益制造

（1）主要原材料和零件的选材充分考虑选择通用性强、易采购和成本等因素：台面、接料盘等钣金件选择具有防腐蚀、耐磨损，易于清洁的304不锈钢，防护罩为普通Q235材料。翻转盘采用轻量化的铝型材型（AL6061），支撑钢件为镀锌方管和4#5钢，轴承（型号6203）、带轮（型号5M-18-22齿）、紧固件（规格12.9级镀镍内六角螺丝M5M6M8）等。

（2）主要零部件制造工艺充分考虑成熟工艺、易加工和成本等因素：①下料：选择不锈钢板材进行激光下料/折弯/打孔/去毛刺/清洗等。②焊接：由于不锈钢的钣金件壁厚比较薄，所以选择氩弧焊焊接工艺，焊接后清洗焊点。③机械加工：紧固上盖手柄采用数控铣加工，荆棘齿采用线切割加工，翻转盘、两侧固定板、型材上螺丝沉孔及一些小配件采用进行数控铣床切削、打孔。④法兰/转轴部分采用普通车床车削。⑤表面工艺处理：工作台采用喷漆；支架采用氧化/电镀；局部受力比较大的部件如转轴需进行热处理，增加硬度。⑥小组装：紧固上盖组件/翻转台组件/分料盘组件安装、调试。⑦大组装：将紧固上盖组件/翻转台组件/分料盘组件与工作台进行结构性和功能性组装、调试、检验和试验，达到生产使用合格标准。

2.4 精益成本

通过对铁路安全型继电器返修一体式标准工位的设计和制造过程成本管理线建设^[5]，建立清晰的成本构成包括：主要材料、外协加工件、辅助材料、人工工资、设备折旧费、管理费等，分析各项成本构成项目中的精益成本改善点，为管理人员明确成本损失项点和改进方向，为公司降低运营成本，获得更好的盈利能力。

3 精益生产改善成果

3.1 技术工艺成果

采用精巧的机械设计原理、运用成熟制造工艺和成本可控的设计理念，实现了单人一次可完成20台继电器的返修，实现了螺丝和螺母的自动分离，继电器的紧固和开启过程的操作仅需两个动作，翻转自动锁闭和一键解锁，翻转过程动平衡稳定，均满足技术工艺和生产需求，改善成果效果图（如图三所示）。



图三

3.2 质量提升成果

降低了由于场地狭小, 螺丝螺母与拆解的零部件混放、作业区与周转区在同一区域且多人混合作业, 容易造成漏序的质量风险。减少外壳划伤磕碰、降低了异物吸附或粘连带入零件和无尘车间的质量风险, 提高了继电器返修产品质量。

3.3 降本增效成果

采用铁路安全型继电器返修一体式标准工位实现了单人操作, 便于生产组织, 一次可同时完成20台继电器整体翻转, 提高继电器返修效率35%以上, 人员由6人减少为3人, 极大地降低了公司运行成本, 提高了生产效率。

3.4 改善员工作业环境、劳动强度成果

使用了继电器返修一体式标准工位, 返修现场环境干净整洁符合现场6S管理要求, 返修工作单人独立完成, 不再出现作业台面摆放杂乱、人员交叉作业的现象, 极大提升了作业现场环境, 降低了员工劳动强度。

4 精益生产改善成果应用和推广

4.1 成果应用

铁路安全型继电器返修一体式标准工位, 经过生产车间操作者3个多月的使用, 反馈效果良好, 达到了预期设定的精益生产改善目标。

4.2 成果推广

铁路安全型继电器返修一体式标准工位, 通过与铁

路局所属继电器产品的检修基地电话沟通, 部分检修基地有意向试用。后续, 可向其他继电器检修基地推广。

同时, 双连杆快速紧固和开启翻转机构的设计理念也可在公司继电器零部件和其他产品零部件的紧固和工序间周转过程中作为夹具和周转工装广泛推广。

通过对铁路安全型继电器返修过程的研究, 为企业解决转型升级、补全精益生产过程中的短板, 提供精益改善思路和管理方法。

参考文献

[1]刘化龙,第二篇/精益制造篇,第二章工位制节拍化生产[M].《精益管理之道中国高铁装备“智”造的管理基石》,北京:清华大学出版社,2017年1月第一版:21-47.

[2]刘化龙,第二篇/精益制造篇,第三章点一线一面/精益制造的多元化载体[M].《精益管理之道中国高铁装备“智”造的管理基石》,北京:清华大学出版社,2017年1月第一版:51-54.

[3]成大先,第一卷/第4篇机构,第2章基本机构的设计、1平面连杆机构、1.1四杆机构的结构型式、1.2按照传动角设计四杆机构、1.2.1按照最小传动角具有最大值的条件设计曲柄摇杆机构、1.3按照输入杆与输出杆位置关系设计四杆机构、5.1棘轮机构[M].《机械设计手册》,北京:化学工业出版社,2016.04.01第六版:4-148.

[4]成大先,第三卷/第14篇,第2章基本机构的设计、3凸轮机构、3.1凸轮机构的术语及一般设计步骤、3.2凸轮机构的基本型式及封闭方式、3.6滚子从动件凸轮工作轮廓的设计、3.7平底从动件盘形凸轮工作轮廓的设计、3.8圆弧凸轮工作轮廓的设计、带传动[M].《机械设计手册》,北京:化学工业出版社,2016.04.01第六版:4-114.

[5]刘化龙,第二篇/精益管理篇,第七章六大管理线[M].《精益管理之道中国高铁装备“智”造的管理基石》,北京:清华大学出版社,2017年1月第一版:237-242.