

工业工程方法在电力机车线槽布线中的应用

贺金英¹ 王睿哲²

(1. 中车株洲电力机车有限公司产品研发中心, 412001, 株洲;

2. 吉隆坡中车维保有限公司, 50470, 吉隆坡//第一作者, 工程师)

摘要 采用工业工程、人因工程等方法, 分析了电力机车中央线槽预布线的作业顺序、作业时间、移动距离、作业区域布置与员工移动路径等问题, 对中央线槽预布线的工艺流程、工艺方法进行了优化。研究结果可以为提高员工工作效率和改善员工作业环境的技术改造与提升提供参考。

关键词 电力机车; 中央线槽; 预布线; 工业工程

中图分类号 U260.6

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.04.027

Application of Industrial Engineering Method in the Wiring of Electric Locomotive Trunking

HE Jinying, WANG Ruizhe

Abstract Using the methods of industrial engineering and human factors engineering, the operation process, operation period, moving distance, work area layout and employee movement path are analyzed, the operation process and methods for electric locomotive central trunk pre-laying are optimized. The research will provide reference for the improvement of work efficiency and working environment, as well as for the employees and the technological transformation and upgrading.

Key words electric locomotive; central line trunk; pre-wiring; industrial engineering

First-author's address CRRC Zhuzhou Electric Locomotive Co., Ltd., 412001, Zhuzhou, China

在电力机车的生产制造过程中,“中央线槽预布”无法与其他工序并行作业,且耗时较长,已成为生产制造环节的瓶颈工序。本文以此工序作为研究对象,统计与分析员工移动路径、移动频次、工序衔接等问题,以期从中发现问题并加以改进和优化相关工艺流程和工艺方法。

1 原则与方法

工业工程学的方法能够有效地分析生产过程中的工艺问题。本文采用工业工程学的“5W1H”和“ECRS”原则、程序分析法、布置和径路分析法,对

中央线槽预布工序进行分析。

1.1 “5W1H”和“ECRS”原则

“5W1H”原则是对选定的研究对象,从原因、对象、地点、时间、人员、方法等6个方面提出问题并进行分析。该方法用于寻找工艺改善方案,并定性分析改善方案的可行性。

“ECRS”原则是工业工程学中程序分析的四大原则,即取消原则、合并原则、调整顺序原则、简化原则。该方法用于对生产工序进行优化,以减少不必要的工步,使之达到更高的生产效率。

1.2 流程程序分析法

流程程序分析法即采用流程程序图对现场制造过程进行逐一、详细地分析,发现不合理及浪费现象,优化物料搬运、人员操作、人员等待、物料存储等流程,使之提高生产效率。

1.3 布置和经路分析法

布置和经路分析法是以作业现场为分析对象,对产品及其零部件的现场布置,或作业者的移动路线进行分析。布置和经路分析的工具仍采用“5W1H”及“ECRS”原则,如表1所示。

2 中央线槽预布程序分析

应用“5W1H”和“ECRS”原则对中央线槽预布

表1 布置和路径改善分析表

项点	内容
平面移动	移动距离能否缩小
	移动是否采用简单形式(如“—”“L”“U”形式) 有没有相向流动
	高度能否降低
立体移动	上下移动次数能否减少
	物流路线配置是否合理 设备配置是否与工序路线相适应
	占地面积、摆放方向(与通道及采光的关系)是否恰当

线工艺进行分析,通过程序分析法将工序流程分解并寻找冗余,采用布置和径路分析就设备布置及员工移动路径的浪费情况进行剖析。

2.1 中央线槽预布现状

中央线槽预布线工序共 4 人进行操作,分 15 个工步,2 名操作员负责其中的 7 个工步,另外 2 名操作员负责 15 个工步,工序流程如图 1 所示。

2.2 流程程序分析

采用流程程序分析法,对中央线槽预布过程中的操作、检验、搬运、等待等步骤进行分析,并记录作业时间、搬运距离、搬运次数、使用工具等信息(见图 1)。通过对图 1 中的数据按照操作、检验、搬运、等待等步骤进行分类统计,重新编制得出流程程序统计表,如表 2 所示。

工序	操作员A				操作员B				操作员C				操作员D					
	工作说明	距离/m	时间/min	工作系列	工作说明	距离/m	时间/min	工作系列	工作说明	距离/m	时间/min	工作系列	工作说明	距离/m	时间/min	工作系列		
1	检验(标记线孔)	12×2	4	■	等待	0	4	D	等待	0	4	D	等待	0	4	D		
2	等待	0	20	D	安装扎带	12	0.2×100	●	等待	0	20	D	等待	0	20	D		
3	搬运操作工具	164	15	➡	搬运操作工具	164	15	➡	搬运操作工具	84	5	➡	搬运操作工具	84	5	➡		
4	等待	0	5	D	等待	0	5	D	搬运连接线	175×2	15	➡	搬运连接线	175×2	15	➡		
5	预布D、F区	搬运 5.5×61	35	➡	预布D、F区	搬运 5.5×61	35	➡	预布B区	搬运 6×70	40	➡	预布B区	搬运 6×70	40	➡		
	布线	0	70	●		布线	0	70		●	布线	0		75	●	布线	0	75
6	预布C区	搬运 5×40	30	➡	预布C区	搬运 5×40	30	➡	预布C区	搬运 5×41	30	➡	预布C区	搬运 5×41	30	➡		
	布线	0	40	●		布线	0	40		●	布线	0		40	●	布线	0	40
7	收尾	30	20	●	收尾	30	20	●	收尾	30	25	●	收尾	30	25	●		
8	中央线槽预布流程程序图 (注:数据来源为现场时间测定,并且通过现场工人提供的数据资料)								搬运工具	24×2	3	➡	等待	0	3	D		
9									R4线孔一次分端子	0	40	●	R4线孔一次分端子	0	40	●		
10									整理端子线	0	20	●	整理端子线	0	20	●		
11									套裝编制软管	0	10	●	套裝编制软管	0	15	●		
12									安装插件	R4线孔二次分端子	0	40	●	安装插件	R4线孔二次分端子	0	40	●
										翻轉线号	0	30	●		翻轉线号	0	30	●
										安装插件	0	40	●		安装线号	0	40	●
14									整理现场	15	5	■	整理现场	15	5	■		
15									整理现场	15	5	■	整理现场	15	5	■		

图 1 中央线槽预布流程程序图

表 2 中央线槽预布流程程序统计表

活动	操作员 A			操作员 B			操作员 C			操作员 D		
	次数	时间/min	距离/m	次数	时间/min	距离/m	次数	时间/min	距离/m	次数	时间/min	距离/m
●	3	130	30.0	4	150	42.0	9	320	30.0	9	320	30.0
➡	3	80	699.5	3	80	699.5	5	93	1059.0	5	93	1059.0
■	1	4	24.0	0	0	0	1	5	15.0	1	5	15.0
D	2	25	0	2	9	0	2	24	0	2	24	0
总计	9	239	753.5	9	239	741.5	17	442	1104.0	17	442	1104.0

分析图 1 和表 2 中的数据,操作、移动、等待所占的人工工时最多,移动的距离最长,故采用“5W1H”和“ECRS”原则进行详细分析。

1) 操作——员工作业时间均超 4 h,易导致疲劳作业。经分析存在如下问题:① 操作员根据线缆上的白色标签布线,操作过程中过度使用眼睛,且浪费时间;② 完工后,操作员需将线号进行翻轉,频繁弯腰作业,浪费时间、损伤身体。

2) 移动——员工作业的平均距离近 1 000 m,既消耗体力,又浪费时间。经分析原因如下:① 操

员一束束布线,移动频繁;② 耗材物料放置地点过于分散,操作员需多点领取物料;③ 操作员领取和运送线缆的地点远离中央线槽预布区,致使移动距离过长。

3) 等待——员工等待时间平均 20 min。工作分配不合理且等待过程中未开展其它工作。

2.3 布置和径路分析

根据现场实际情况绘制的现场布局及移动路径图如图 2 所示。经实际测量,与中央线槽预布区

距离最远的是线缆领取点(175 m),其次是操作工具领取点(82 m),而其他地点则相对较近。“5W1H”和“ECRS”原则分析如下:① 操作员搬运工具以及领取

线缆的区域布置过于分散;② 操作员布线时移动十分频繁,且经常出现交叉移动,而台位间距过于狭窄导致员工移动不便。

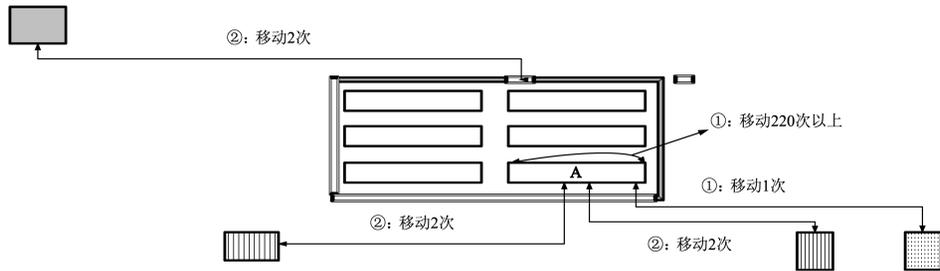


图2 中央线槽预布现场布局及移动路径图

3 优化方案

通过上述工序流程、实际操作、现场布置中存在问题的分析,再次运用“5W1H”和“ECRS”原则提出如下改善方案。

3.1 操作改善

1) 线槽分区布线时,操作员通过明显标记进行判断,缩短观察与思考的时间:① 根据线缆分区不同进行分类,B、C、D、F区线缆使用不同形状标签进行区分;② 根据每束线缆上的不同出线口进行分类,每一出线口使用一种不同颜色的标签。

2) 减少操作员翻转线号的操作,减少员工查找布线图中端子号时间:线号进行双面打印,并将连接器代码及点位信息打印到线号上。

3.2 移动改善

减少操作员作业过程中移动频繁,同一出线口多次布线问题:根据不同形状、颜色的标签,将线缆I端同一出线口的连接线进行整理,并用扎带固定于该出线口,同时对线缆II端进行二次分类,将同一出线口的线缆统一进行预布。

3.3 等待改善

作业过程中,减少操作员等待时间:等待时,操作员进行线缆检查,以及对同伴作业工序进行检查,这样既节省了检验时间,又提升了作业的准确性。

3.4 布置改善

针对操作员移动距离长、作业空间受限等问题,提出如图3所示的改进布置。

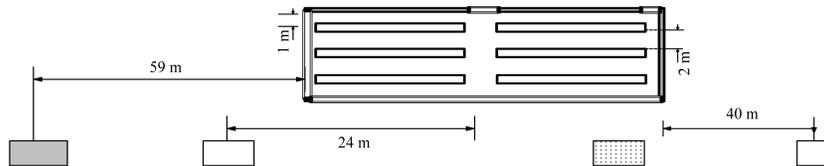


图3 中央线槽预布操作现场布置图-改善后

4 结语

本文所提出的改善方法有效提升了电力机车中央线槽布线的作业效率,同时也改善了操作员的作业环境。这是一次运用工业工程、人因工程的方法理论解决实际问题的尝试,流程程序分析有助于改善工序流程,发现操作过程中的浪费现象。布置和路径分析则形象的描述员工作业环境、移动路径,更加精准的解决员工面临的实际问题。通过不断的优化作业流程,可以更加深入地探讨理论联系实际的方法,有效提升生产效率,实现可持续发展。

参考文献

- [1] 范中志,张树武,孙义敏. 基础工业工程[M]. 北京:机械工业出版社,1993.
- [2] 郭伏,李森,戴春风. 流程程序分析方法在印染生产线改进中的应用[J]. 工业工程杂志,2002,5(3):26.
- [3] 易树平,郭伏编著. 基础工业工程[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [4] 郭伏,张国民. 工作研究在流水线平整中的应用[J]. 工业工程与管理,2005(2):120.

(收稿日期:2019-09-12)