

轨道交通车辆的工艺流程标准化

魏 良¹ 王 娜² 任庆武¹ 管晓敏³ 李 刚¹ 赵春风¹

(1. 中车长春轨道客车股份有限公司,130062,长春;2. 吉林省航测遥感院,130022,长春;
3. 呼和浩特市地铁运营有限公司,010090,呼和浩特//第一作者,高级工程师)

摘 要 从生产线建立、工艺流程编制、工艺布局设计和生产能力等方面进行分析,提出了轨道交通车辆工艺流程标准化设计方法和优化方法。基于精益管理理念和工序能力测算法,可以合理编制标准化工艺流程,从而降低劳动强度,提高生产效率。
关键词 轨道交通;车辆;工艺流程;标准化
中图分类号 U270.6
DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.05.039

Discussion on the Process Flow Standardization of Rail Transit Vehicle

WEI Liang, WANG Na, REN Qingwu, JIAN Xiaomin, LI Gang, ZHAO Chunfeng

Abstract In this paper, the establishment of production line, the process planning, the process layout design and the production capacity are analyzed, the standardized design and optimization methods of the process flow for rail transit vehicle are proposed. Based on the lean management concept and process capability measurement algorithm, it is possible to formulate the reasonable standardized process flow, reduce the labor intensity and improve the production efficiency.

Key words rail transit; vehicle; process flow; standardization
First-author's address CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

随着国有企业改革的深化和国际化进程的加快,轨道交通车辆制造行业的生产率亟待提高,以满足客户需求多样化。当前,应用智能化、信息化及自动化的制造技术,以提高轨道交通车辆产品的性能、品质及生产效率,已成为企业发展的途径。因此,研究轨道交通车辆的生产工艺流程标准化,从而保证产品的质量及生产进度,以小投入换取高回报,已成为重要研究方向^[1]。

1 轨道交通车辆生产线工艺布局

1.1 工艺布局概述

生产线工艺布局是生产指导、物流运输、节拍

优化、成本控制的重要依据。合理的工艺布局设计能满足市场对多样化产品需求,能促使生产线具有更好的可变性和适应性,还能不断提高生产能力。工艺布局设计需考虑工序周期、最小作业单位、技术工时、工位节拍、工艺流程、产品种类、装配顺序、均衡生产及设备利用率等多方面因素。

1.2 工艺流程概述

工艺流程图是工序进程的图形或表格化体现,是产品工艺制造实施过程的体现形式。使用工艺流程能够更好地设计工序的串并行关系,直观体现工序进程,有利于提高生产效率。轨道交通车辆工艺流程标准化设计,利用平台项目典型车型,研究建立典型项目工艺流程图,利用数字化模型和精益理念,最终形成高度细化的产品标准化生产制造工艺流程,其它产品参考标准工艺流程进行编制^[2]。标准化工艺流程图见图 1。

A型铝合金项目总装配生产工艺流程图																		
序号	专业	工序名称	部位	适用车型	工种	人数	生产周期	周计划										
								台班 工时	上午					下午				
									8	9	10	11	13	14	15	16	18	
1	电气	车下线槽布线	车下	M1/M2/MP	电工	5	5											
2	装配	车顶前罩安装	客室	M1/M2/MP	委外	6	4											
3	装配	司机室前罩安装	司机室	TC	委外	2	2											
4	装配	司机室地脚安装	司机室	TC	内装工	2	1											
5	装配	地骨安装	客室	M1/M2/MP	内装工	4	2											
6	装配	地脚安装	客室	M1/M2/MP	委外	6	3											
7	装配	司机室地脚安装	司机室	TC	委外	2	2											
8	电气	车下模块预组	车下	M1/M2/MP	电工	2	2											
9	电气	车下模块安装	车下	TC/M1/M2/MP	电工	2	2											

图 1 标准化工艺流程图

2 工艺流程优化的方法

2.1 导入精益思想模式优化工艺流程

利用价值为导向精益思想模式,研究从原材料到成品产生的所有价值活动,区分增值活动和非增值活动,从而消除浪费,减少走动和等待时间,并进行持续改善活动。最终达到均衡生产、柔性生产和智能生产的经营模式,达到优化工艺流程的目标。

2.2 技术经济性分析和工艺成本控制

工艺成本是与工艺过程直接有关的生产费用,

是构成实际成本的最重要部分。若工件的年产量为 N , 则零件(或工序)的全年工艺成本 S_n 为:

$$S_n = VN + C_n$$

式中:

V ——每件零件的可变费用;

C_n ——全年的不变费用。

利用精益思想对整个消耗生产过程进行技术经济性分析, 并对工艺方案的经济性进行分析比较, 以严格控制工艺成本。其一是对几种工艺方案进行工艺成本的分析比较; 其二是按照一些技术经济指标进行宏观分析比较。

被比较的工艺方案均采用现有设备或基本投资相近时, 常以全年工艺成本作为比较的依据。

设两种工艺方案的全年工艺成本分别为:

$$S_{n1} = V_1N + C_{n1}$$

$$S_{n2} = V_2N + C_{n2}$$

S_{n1} 与 S_{n2} 关系如图 2 所示。 S_{n1} 与 S_{n2} 的曲线相交与 J 点, N_j 为临界年产量。由此可得:

$$S_n = V_1N + C_{n1} = V_2N + C_{n2}$$

$$\text{则: } N_j = (C_{n2} - C_{n1}) / (V_1 - V_2)$$

当 $N < N_j$ 时, 方案一较好; 当 $N > N_j$ 时, 方案二较好。

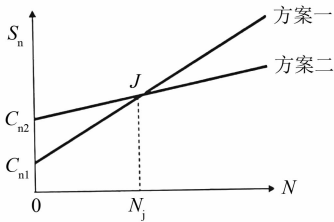


图 2 两种工艺方案的全年工艺成本关系

2.3 预定时间标准法

预订时间标准法是一种工作衡量技术方法。该方法根据人的各类基本动作时间(基本动作按动作的性质和进行动作时的工作条件进行分类), 规定达到一定效能水平的作业时间作为标准工作时间。

此次采用澳大利亚的哈依德模特排时记录法(简称“模特法”)。模特法是确定标准工作时间最常用的方法。模特法根据人的动作级次, 选择以 1 个正常人的级次最低、速度最快且能量消耗最少的一次手指动作时间(MOD)作为时间单位进行计算, 1 MOD=0.129 s。模特排时法的标准基本动作如图 3 所示。

运用模特法计算标准工作时间的步骤为: 首

先, 依次分解动作; 然后, 核定各动作的工作时间; 最后, 确定工序的标准工作时间, 合理安排工艺流

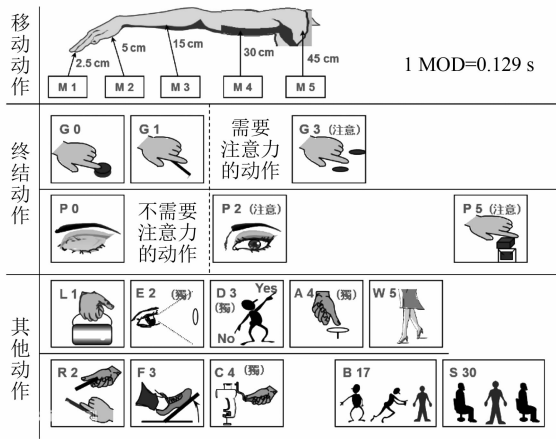


图 3 模特法的基本动作示意图^[5]

程。以拧螺母为例, 拧螺母的双手分解动作及对应的标准工作时间如表 1 所示。

表 1 拧螺母动作分解及标准工作时间

左手	记号	右手	记号	标准工作时间/MOD
拿着螺栓	H(持住)	抓螺母	M3G1	4
拿着螺栓	H	把螺母对准螺栓	M3P5	8
拿着螺栓	H	回转螺母	M1G0M1P0	2
拿着螺栓	H	继续拧入	(M1G0M1P0) x10	20

由表 1 可见, 拧螺母工序的标准工作时间为 34 MOD。

3 工序能力研究

3.1 工序能力

工序能力, 也称过程能力, 是对已被证明处于统计受控状态的过程特性输出统计量, 用于描述过程特性满足要求的能力。工序能力分析主要检查工序过程中生产能力的固有变异和分布。在制造业中, 工序能力是人、机、料、法、环、测均处于稳定状态下的实际生产能力, 用 B 表示。工序能力指数 C_p 是产品的容许公差范围与 B 之比, 反映产品质量要求与产能的关系。当产品质量特性值与 C_p 的关系呈正态分布时(如图 4 所示, 数学期望为 μ , 方差为 σ^2), 产品质量特性值落入 $(-3\sigma, 3\sigma)$ 范围内的概

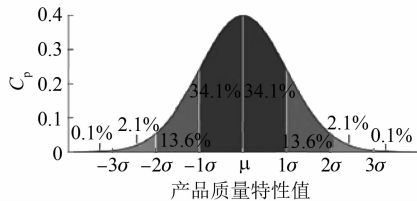


图 4 工序能力指数分布

率(产品质量合格率)为 99.73%,相应的不合格率为 0.27%。由图 4 可见, σ 值越小,则正态曲线的分布越小, C_p 越大。

3.2 工序能力调查

工序能力分析的依据是工序能力调查表,故

在工序能力分析之前,应先进行工序能力调查。通过调查后判定过程是否在受控(稳定)状态下进行,只有在受控状态下的过程,才能对其进行分析。工序能力调查流程如图 5 所示。

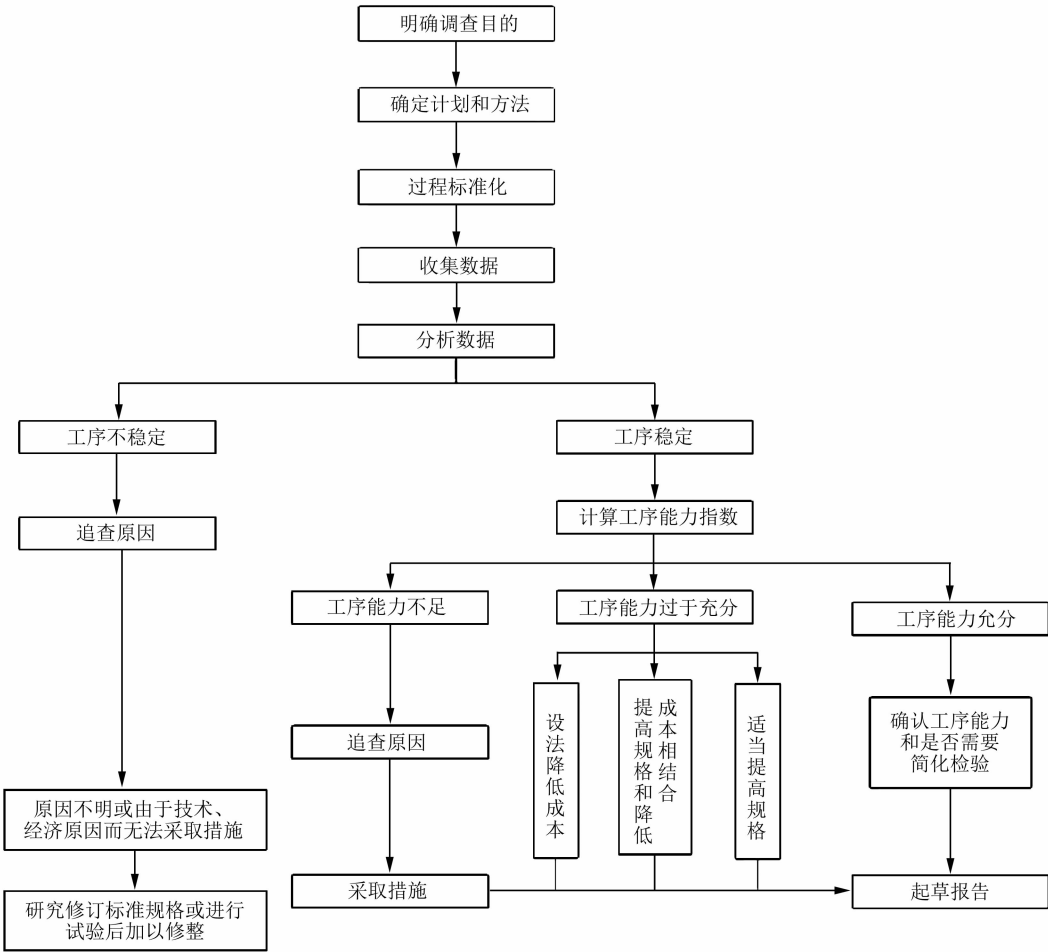


图 5 工序能力调查流程

利用工序能力调查表进行工序能力分析后,分析数据可用于为设计部门确定改进设计公差尺寸;或用于工艺部门改进工艺方案和工艺流程;或验收工艺流程的合理性,找出持续改进机会,进行多个项目并行生产工艺流程排产理论依据,做到保证产品质量、降低成本和提高经济效益。

4 工艺流程的设计

4.1 工艺流程简化方法

工艺流程简化即对工艺流程的各个节点进行删除或者简化,通过减少非增值活动、控制增值活动来改善工艺流程,通过核定每个增值活动的标准

时间,进而实现节拍化生产,减少不合格率。简化工艺流程不仅能提高生产能力和生产效率,还能降低劳动强度。

工艺流程简化前,要对原有工艺流程进行评估。具体评估方法如下:

首先,组成工艺流程改善团队,根据实际情况重新绘制详细的工艺流程图;然后,利用“头脑风暴”中的鱼骨图方法,确认工序的先后串并行关系;其次,运行工艺流程简化分析评估表,逐项进行分析评估,确认简化或者消除;最后,按照评估表形成新的工艺流程;进行现场验证后形成最终的标准化工艺流程^[4]。工艺流程简化分析评估表的样式如图 6 所示。

工艺流程简化分析评估表							
流程	工艺流程I						
是否必须	是			否			
	是	否		是	否		
是否可以简化/消除 与其它工序 是否有影响	是	否		是	否		
	是	否		是	否		
关联工序							
措施							
评估							

图6 工艺流程简化分析评估表样式图

4.2 工艺流程标准化设计实施步骤

工艺流程标准化设计主要有以下步骤：

- 1) 考虑车间的有效施工面积和厂房的工艺布局,从而依据现场台位,合理的划分工位节拍。
- 2) 考虑轨道交通车辆装配工序的关联性,合理地设定工序的串并行关系,按由内至外的顺序,遵循车下、车内及车上三线并线施工的原则,同时要避免工序间穿插作业干扰,合理安排工序。
- 3) 采用预组装和总组装工序相结合的办法,实行模块化生产,提前在车下进行部件的预组装,整体上车安装,减少台位占用时间。
- 4) 整条生产线柔性化设计,可以进行快速换模,并实现物流配送时减少人员走动时间及物料搬运时间。运用智能化手段,提高生产效率。

4.3 工艺流程中的智能制造标准体系建设

智能制造标准体系是在工艺流程中融入智能制造理念,并参考中车智能制造体系架构(即“魔方图”)搭建的。

首先,按照中车智能制造系统层级、智能特征和生命周期等3个维度,在充分考虑轨道交通装备行业智能制造特点和标准化需求的基础上,分别建立中车系统层级标准体系、智能特征标准体系和生命周期标准体系;然后,对这3个标准子体系中的重要技术标准簇进行归类整理,形成智能使能技术、智能制造技术、智能服务等一系列标准簇,进一步补充基础共性、智能产品及智能轨道交通标准簇,构建中车智能制造标准体系。

通过分析中车智能制造标准体系中标准簇的重要程度,可以确定关键标准簇。进一步细化分解后,即可形成中车智能制造标准建议目录。该目录能提出中车智能制造标准化工作建议,指导中国中

车智能制造标准化工作。中车智能制造标准体系架构如图7所示。

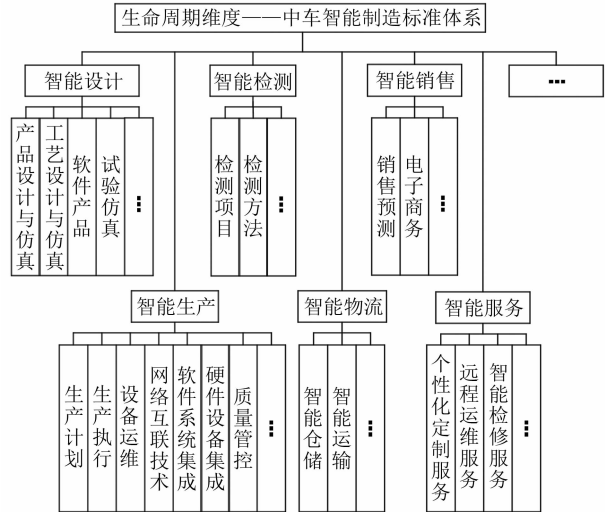


图7 中车智能制造标准体系架构图

5 结语

合理进行轨道交通车辆工艺策划,利用信息化、智能化和数字化手段,制定合理的工艺标准化流程,可以直观地体现工序进程,更好地实现交互管理;可以直观地体现工序关系,更好地实现串并行管理;可以直观地体现工艺设计过程,更好地实现过程追溯。总之,工艺流程标准化研究大大提高了工作效率,降低了劳动强度,有利于合理组织生产,能有效提高企业核心竞争力。

参考文献

[1] 孙旭.A企业工艺流程的分析与优化[J].中国市场,2016(49):70.

[2] 陈振,贾晓亮,任寿伟.飞机大修工艺流程研究现状与展望[J].航空精密制造技术,2017(53):39.

[3] 曲双,王亚男.精益管理在动车组工艺策划中的应用[J].山东工艺技术,2016(14):202.

[4] 焦从辉.生产工艺流程的标准化研究[J].轻工标准与质量,2014(6):35.

[5] 黄启泉,张于贤,王红,等.基于模特法的机加过程优化与标准时间制定[J].企业科技与发展,2013(8):115.

(收稿日期:2018-08-14)