

基于模特法的摩托车包装生产线平衡

侯东亮

(广东海洋大学, 湛江 524088)

摘要: 针对摩托车包装作业线上各工序之间不均衡且存在大量等待时间的现象,以动作经济原则和“ECRS”四大原则为指导,结合生产线平衡理论,运用模特法对包装线上的瓶颈工序进行了分析,根据分析结果设计了相应的改善方案。方案的实施使生产线平衡率提高了22.2%,生产节拍降低了5.43 s。

关键词: 生产线平衡; 模特法(MOD); 包装线; 动作经济原则; 工业工程

中图分类号: TB488 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)21-0137-05

Motorcycle Packaging Line Balancing Based on MOD

HOU Dong-liang

(Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: A lot of idle and waiting time exists among some workstations in motorcycle packaging line. Aiming at this phenomenon, the bottle-neck section of packaging line was studied using MOD method. According to the principle of motion economy, the principles of ECRS and the theory of assembly line balance, a new scheme was put forward. Implementation of this new scheme makes the rate of production line balance upgrade 22.2% and the cycle time decrease 5.43 seconds.

Key words: line balancing; MOD; packaging line; principle of motion economy; industrial engineering

随着科学技术的发展,大多数手工及半自动化包装作业逐渐被自动化机械作业所取代,但是,手工包装因其具有投入小、生产柔性高、对产品包装变化的适应性强等特点^[1],在包装生产中还大量存在。在较大型产品的成品包装过程中,普遍存在工人劳动强度大、包装线上各工序作业时间不均衡等现象,因此,有效降低工人劳动强度、提高生产效率成为生产制造业所追求的目标。某摩托车包装生产线是典型的手工包装线,其线体上工人的作业时间长、劳动强度大,作业动作细微以及重复性高,各工序时间不均衡。如何减轻工人劳动强度,消除瓶颈工序,提高生产效率,改善包装线实际状况等,成为该企业当前要解决的棘手问题。解决这类问题一般有2种途径:一是通过设施的重新规划和布置等大量固定资产的投入来改善现状;二是通过生产线平衡等优化方法来解决,其无需投入或只需很小的投入。

生产线平衡问题自1955年首次提出以来,相关

人员对此展开了大量的研究,并在不同程度上取得了可喜的成果^[2-3]。目前,求解生产线平衡问题的主要方法有运筹学方法、启发式方法和工业工程方法三大类。以工业工程为主的方法主要是工作研究和作业测定两大技术的应用,其优点就是使企业在不投资或少投资情况下,不增加工人劳动强度甚至是降低劳动强度,通过实施一系列适合其自身特点的改善方法,对生产过程的作业程序、作业方法、物料配置、空间布局及作业环境等各方面进行改善,达到平衡生产线进而提高生产能力、取得经济效益的目标^[4-5]。对于生产线上工人的动作细微而且存在不规范的作业动作这一情形,作业测定技术中的动作经济原则以及模特法可以为生产线的这种优化提供思路和依据^[6-7]。

笔者针对某企业摩托车包装线以手工为主、作业工序较多而且操作简单等特点,以动作经济原则和“ECRS”(取消、合并、重排、简化)原则为指导,应用模特法对包装线上存在的不合理现象进行分析,消除

收稿日期: 2012-08-09

基金项目: 广东省湛江市科技攻关计划项目(2011C3108002)

作者简介: 侯东亮(1979-),男,内蒙古人,硕士,广东海洋大学讲师,主要研究方向为工业工程、物流工程以及智能优化算法。

瓶颈工序,为企业相关管理人员提供决策支持。

1 模特法基本原理

模特法(简称 MOD 法)是作业测定技术中预订时间标准(PTS)法的代表方法,它不是通过直接观察和测定,而是利用预先为各种动作制定的标准时间来确定操作所需时间^[8]。模特法具有动作划分简单、好学易记、使用方便、适合实际生产操作等优点,已逐渐被企业界所关注并成功应用。

一般地,根据人的动作级次来设定 MOD 法的时间单位。以一个正常人的级次最低、速度最快、能量消耗最少的一次手指动作的时间消耗值,作为时间单位,即 1 MOD=0.129 s。在实际使用中,还可根据企业的实际情况,决定 MOD 的单位时间值大小。由于探讨的摩托车包装作业属于易产生疲劳的作业,故在此取 1 MOD=0.143 s,包括 10.7% 的消除疲劳时间在内的动作时间^[8]。

2 摩托车包装线现状分析

2.1 生产现状调查

某公司摩托车包装线以手工包装作业为主,采用间歇性流水作业方式,可包装多种型号摩托车。包装线上各工序的动作均处于该工序操作工的习惯性动作,没有统一的标准化动作;各工序作业分布不均匀,各工序操作人员等待时间较多。

目前,该包装线的生产节拍是 15.44 s,见表 1,各

表 1 各工序的时间记录

Tab.1 Time record of the working procedure

工序号	作业名称	时间/s	定员
1	推车上线	7.15	1
2	拆前轮螺母并装入袋中	9.30	1
3	上底板并放底泡沫塑料	9.72	1
4	吊起车前轮	8.01	1
5	包扎车身、放车身泡沫塑料	8.29	1
6	钉左边木条	9.87	1
7	放车头篮、车头泡沫塑料	8.29	1
8	钉右边木条	9.87	1
9	放木盖板、放备件	8.87	1
10	钉木盖板	15.16	1
11	钉侧板	14.59	1
12	绑前轮	15.44	1
13	套纸箱	12.87	1
14	贴标签、绑箱	9.72	1

工序的操作时间是运用 MOD 法对现行工序分析并记录所得。

由表 1 可知,工序 10-13 的作业时间较长,成为制约产量提高的主要因素,也成为包装线的瓶颈工序,使得班产量无法进一步提高。当日需求量增加时,为了完成生产任务,不得不依靠加班来提高产量。

为了衡量各工序总平衡状态的好坏,这里引入生产线平衡率 θ 来定量地表达包装线的平衡性^[2]:

$$\theta = \frac{\text{各工序的时间总和}}{\text{人或机器的数目} \times \text{周期时间}} \times 100\%$$

将表 1 中的数据带入上式,得出包装线的平衡率为 68.1%。这意味着在生产过程中,有 31.9% 的时间因为产线配置不平衡而损失了。由表 1 可以看出,导致产线平衡率低的主要原因是各工序的作业时间相差较大,相对于瓶颈工序,一些工序的能力存在过剩现象。如果能将各工序的作业时间均衡,且将过剩的生产能力降下来,生产效率自然会提高。

2.2 改善前各瓶颈工序的 MOD 分析

根据包装线的实际生产现状,运用 MOD 法对工序 10-13 逐一进行分析。

1) 对于工序 10,工人在取木盖板的过程中,由于木盖板堆放在地上且有一定的重量,需要弯腰才能取到,弯腰这一动作所消耗的时间较多,属于改善动作。另外,存放螺钉的标准件盒以及铁锤所在位置不在操作者的触及范围之内,需要转身走一步才能取到,这也是需要改善的动作。整个操作的模特分析式见表 2。

表 2 改善前钉木盖板的 MOD 分析

Tab.2 MOD analysis of nailing wooden cover before improvement

左手动作		时间 MOD 值	右手动作	
动作叙述	分析式		分析式	动作叙述
到木盖板存放处	W5 * 3	15	BD	等待
取木盖板	B17M3G1	21	B17M3G1	抓取木盖板
返回	W5 * 3	15	H	持板
放在指定位置	M4P0L1/2	4.5	M4P0L1/2	放下
等待	BD	10	W5M4G1	取铁锤
伸手取螺钉	W5M4G3	12	H	持锤
移至木盖板	M4P2	10	M4P2M2P2	移至木盖板
持钉	H	18	M3 * 6	往复敲钉 3 次
合计		106		

2) 对于工序 11,需要改善的动作同工序 10 中需

要改善的动作基本一致。整个操作的模特分析式见表 3。

表 3 改善前钉侧板的 MOD 分析

Tab.3 MOD analysis of nailing lateral board before improvement

左手动作		时间	右手动作	
动作叙述	分析式	MOD 值	分析式	动作叙述
到侧板存放处	W5 * 3	15	BD	等待
取侧板	B17M3G1	21	B17M3G1	取侧板
返回	W5 * 3	15	H	持板
放于指定位置	M4P0L1/2	4.5	M4P0L1/2	放下
等待	BD	10	W5M4G1	取铁锤
伸手取螺钉	W5M4G3	12	H	持锤
移至侧板	M4P2	6	M4P0	移至侧板
持钉	H	18	M3 * 6	往复敲钉 3 次
合计		102		

3) 对于工序 12, 工人在绑前轮的过程中, 先要步行至工具台拿绳子, 然后再返回, 这一动作应尽可能避免。另外, 之前拆好的前轮悬挂在包装线的悬挂式输送链上, 需要先取下来放于地面来绑, 这个过程需要弯腰和转身动作, 应尽可能避免。整个操作的模特分析式见表 4。

表 4 改善前绑前轮的 MOD 分析

Tab.4 MOD analysis of binding front wheel before improvement

左手动作		时间	右手动作	
动作叙述	分析式	MOD 值	分析式	动作叙述
等待	BD	15	W5 * 3	到工具台
等待	BD	5	M2G3	取绳子
等待	BD	15	W5 * 3	回流水线
转身在线上取前轮	W5M4G1	10	H	持绳并扶持左手
移至身前	M4P0L1/2	4.5	M4P0L1/2	移至身前
弯腰放于地面	B17M3P0	20	H	扶持
持轮	H	30	M3G0 * 10	绑轮
放置绑好的前轮	W5M3P0	8	W5M3P0	放置绑好的前轮
合计		108		

4) 对于工序 13, 工人在套纸箱的过程中, 需要先步行至纸箱存放处取纸箱, 然后返回流水线, 这一动作应尽可能避免, 是改善动作。在套纸箱的时候, 工人先套左边, 然后套右边, 这一动作浪费了时间, 需要进一步改善。整个操作的模特分析式见表 5。

表 5 改善前套纸箱的 MOD 分析
Tab.5 MOD analysis of assembling carton before improvement

左手动作		时间	右手动作	
动作叙述	分析式	MOD 值	分析式	动作叙述
等待	BD	15	W5 * 3	步行到纸箱存放处
取箱子	M3G1	4	M3G1	取箱子
持箱步行回流水线	W5 * 3	15	W5 * 3	持箱步行回流水线
举起箱子	M5P0	5	M5P0	举起箱子
对准位置	E2D3	5	H	持箱子
套左边	E2M4P5	11	H	持箱
等待	BD	11	E2M4P5	套右边
双手压箱子	M4P0A4 * 5	24	M4P0A4 * 5	双手压箱子
合计		90		

3 改善方案设计及实施

针对上一章节问题分析结果, 利用“ECRS”四大原则, 结合动作经济性原则和装配线平衡理论, 运用 MOD 分析技术对包装线的瓶颈工序进行改善, 以减少闲余能量, 提高生产能力。

3.1 工序 10 的改善方案设计

将木盖板存放在物料搬运小车上, 靠近工人的操作位置, 这样可以避免工人弯腰去拿取木盖板。另外, 将存放螺钉的标准件盒以及铁锤放在操作者能触及的范围之内, 且左右手同时动作, 从而节省了转身、等待动作所消耗的时间。改善后整个操作的模特分析式见表 6。实施效果: 完成这一操作所消耗的时间由原来的 106 MOD 值降低到现在的 70 MOD 值。

表 6 改善后钉木盖板的 MOD 分析

Tab.6 MOD analysis of nailing wooden cover after improvement

左手动作		时间	右手动作	
动作叙述	分析式	MOD 值	分析式	动作叙述
到木盖板存放处	W5 * 2	10	BD	等待
取木盖板	M4G1	5	M4G1	抓取木盖板
返回	W5 * 2	15	H	持板
放在指定位置	M4P0L1/2	4.5	M4P0L1/2	放在指定位置
伸手取螺钉	M4G3	7	M4G1	取铁锤
移至木盖板	M4P2	10	M4P2M2P2	移至木盖板
持钉	H	18	M3 * 6	往复敲钉 3 次
合计		70		

3.2 工序 11 的改善方案设计

将侧板存放在物料搬运小车上, 靠近工人的操作

位置,这样可以避免工人弯腰去拿取侧板。另外,将存放螺钉的标准件盒以及铁锤放在操作者能触及的范围之内,且实现双手同时动作。改善后整个操作的模特分析式见表 7。实施效果:完成这一操作所消耗的时间由原来的 102 MOD 值降低到 66 MOD 值。

表 7 改善后钉侧板的 MOD 分析

Tab.7 MOD analysis of nailing lateral board after improvement				
左手动作		时间	右手动作	
动作叙述	分析式	MOD 值	分析式	动作叙述
到侧板存放处	W5 * 2	10	BD	等待
取侧板	M4G1	5	M4G1	取侧板
返回	W5 * 2	15	H	持板
放于指定位置	M4P0L1/2	4.5	M4P0L1/2	放下
取螺钉	M4G3	7	M4G1	取铁锤
移至侧板	M4P2	6	M4P0	移至侧板
持钉	H	18	M3 * 6	往复敲钉 3 次
合计		66		

3.3 工序 12 的改善方案设计

工人在绑前轮的过程中,先要步行至工具台拿绳子,针对这一现状,可将绳子悬挂在操作台的右上方,这样可节省步行至工具台取绳子的时间。同时,将取下前轮弯腰放于地面绑轮这一动作改成直接放在操作台上进行绑轮,这样节省了弯腰所消耗的时间。改善后整个操作的模特分析式见表 8。实施效果:完成这一操作所消耗的时间由原来的 108 MOD 值降低到 64 MOD 值。

表 8 改善后绑前轮的 MOD 分析

Tab.8 MOD analysis of binding front wheel after improvement				
左手动作		时间	右手动作	
动作叙述	分析式	MOD 值	分析式	动作叙述
等待	BD	7	M4G3	取绳子
转身在线上取前轮	W5M4G1	10	H	持绳并扶持左手
移至身前	M4P0L1/2	4.5	M4P0L1/2	移至身前
放于操作台	M4P0	4	M4P0	放于操作台
持轮	H	30	M3G0 * 10	绑轮
放置前轮	W5M3P0	8	W5M3P0	放置前轮
合计		64		

3.4 工序 13 的改善方案设计

取消工人步行到纸箱处取纸箱这一动作,将纸箱直接放在搬运小车上,并靠近操作者的位置。在对准位置套纸箱的时候,实现双手同时动作。改善后整个操作的模特分析式见表 9。实施效果:完成这一操作

所消耗的时间由原来的 90 MOD 值降低到 62 MOD 值。

表 9 改善后套纸箱的 MOD 分析

Tab.9 MOD analysis of assembling carton after improvement				
左手动作		时间	右手动作	
动作叙述	分析式	MOD 值	分析式	动作叙述
取箱子	W5M4G1	10	M3G1	辅助左手取箱子
举起箱子	M5P0	5	M5P0	举起箱子
对准位置	E2D3	5	H	持箱子
套左边	E2M4P5	18	E2M4P5M2P5	套右边
双手压箱子	M4P0A4 * 5	24	M4P0A4 * 5	双手压箱子
合计		62		

4 改善效果评价

经过改善,平衡后各工序的人员没有发生改变,即各工作站的数量没有发生变化;包装线生产节拍和各瓶颈工序的作业时间都相应地减少了,见图 1。

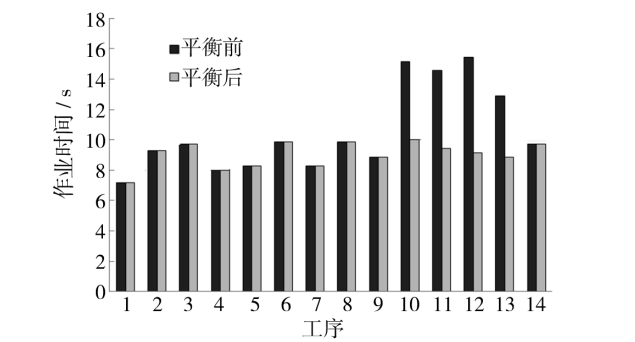


图 1 平衡前后各工序作业时间对比

Fig.1 The comparison of the operation time of the working procedures before and after improvement

平衡前后结果对比见表 10。从表 10 中可以更直观地看出,平衡后生产节拍降低了 5.43 s,改善后的产线平衡率计算为 90.3%,平衡率提高了 22.2%。这些数字表明其平衡效果是显而易见的。

表 10 平衡前后的性能指标对比表

Tab.10 Comparison of performance indicators before and after improvement				
项目	平衡前	平衡后	变化量	变化率/%
平衡率/%	68.1	90.3	22.2	32.6
节拍	15.44	10.01	-5.43	-35.2%
定员	14	14	0	0

5 结语

针对摩托车包装线各工序存在的不均衡现象,运用作业测定技术中的 MOD 法分析了包装线上各瓶颈工序,并结合包装线的作业特点以及周边设施的布局状况,设计了各瓶颈工序的改善方案。经过改善,平衡率提高了 22.2%,生产节拍降低了 5.43 s。该方法简单、实用,企业相关人员容易学习掌握,在不投资或较少投资的情况下,可以最大限度地降低成本,提高生产效率。

参考文献:

- [1] 杨萍. 基于动作研究的药品包装作业过程分析与优化[J]. 包装工程, 2010, 31(13): 66-70.
YANG Pin. Pharmaceutical Packaging Process Analysis and Optimization Based on Action Research[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(13): 66-70.
- [2] BECKER Christian, SCHOLL Armin. A Survey on Problems and Methods in Generalized Assembly Line Balancing[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 168(3): 694-715.
- [3] BOYSENA Nils, FLIEDNERA Malte, SCHOLLB Armin. A Classification of Assembly Line Balancing Problems[J].

European Journal of Operational Research, 2007, 183(2): 674-693.

- [4] 易树平, 郭伏. 基础工业工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
YI Shu-ping, GUO Fu. Fundamental Industrial Engineering[M]. Beijing: China Machine Press, 2007.
- [5] 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): 120-124.
GUO Fu, ZHANG Guo-min. Application of the Work Study to Balancing Production Lines[J]. Industrial Engineering and Management, 2005(2): 120-124.
- [6] 王晶, 葛安华. 液晶显示器装配生产线平衡优化研究[J]. 森林工程, 2009, 25(1): 28-32.
WANG Jing, GE An-hua. Balancing Improvement Study on Assembly Line of Liquid Crystal Display[J]. Forest Engineering, 2009, 25(1): 28-32.
- [7] 陶鹏, 葛安华, 张玉巧. 采伐联合机作业效率研究[J]. 工业工程, 2010, 13(5): 117-120.
TAO Peng, GE An-hua, ZHANG Yu-qiao. Work Study for Improvement of Operation Efficiency of Combine Harvesting Machine[J]. Industrial Engineering, 2010, 13(5): 117-120.
- [8] 刘洪伟, 齐二石. 基础工业工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
LIU Hong-wei, QI Er-shi. Fundamental Industrial Engineering[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.

(上接第 107 页)

- [7] International Digital Enterprise Alliance, Inc. The G7 Specification 2008[EB/OL]. (2008-09-12)[2010-10-15]. [http://www. Idealliance. Org/Industry_Resources/Branding_Media_and_Color/g7/Specification/ g7_Specification_2009_Draft](http://www.Idealliance.Org/Industry_Resources/Branding_Media_and_Color/g7/Specification/g7_Specification_2009_Draft).

- [8] 胡媛, 司占军, 董雷. 基于 G7 方法的印刷标准化测试方法研究[J]. 包装工程, 2011, 32(19): 111-114.
HU Yuan, SI Zhan-jun, DONG Lei. Research on Printing Standardization Test Method Based on G7 Method[J]. Package Engineering, 2011, 32(19): 111-114.

(上接第 124 页)

- ZHANG Cong-liang. Object-oriented Software Analysis and Modeling Based on UML[J]. 2010(4): 74-75.
- [6] 梁玮. 基于 UML 的面向对象建模方法研究[J]. 软件导刊, 2009, 8(1): 47-49.
LIANG Wei. Approach on Object-oriented Modeling Method Based on UML[J]. Software Guide, 2009, 8(1): 47-49.

- [7] 颜志军, 孙宝文, 王天梅. 基于 UML 的业务流程模型分析方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2004(29): 226-228.
YAN Zhi-jun, SUN Bao-wen, WANG Tian-mei. Analysis Method for UML-based Business Process Models[J]. Computer Engineering and Applications, 2004(29): 226-228.