

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2018.02.003

面向大批量定制的 MTM 在装配线上的应用研究*

郭 晨,鲁玉军*,贾江鸣

(浙江理工大学 机械与自动控制学院,浙江 杭州 310018)

摘要:针对装配线生产效率较低的问题,对产品的生产方式、作业人员动作、工时分析方法等方面进行了研究。在标准化作业过程中应用 MTM 法对制定标准工时与提高生产效率进行了归纳,提出了一种基于大批量定制的 MTM 在装配线上的应用的方法,利用“方法-时间-测量-通用系统”(MTM-UAS)方法对装配线进行了动作分析,根据客户订单要求进行了产品方案设计,选择通用零部件,用 MTM-UAS 方法对通用部件的组装动作进行了分析,将分析出的时间组合作为模块存储在模块库中,利用可重用模块计算了标准工时,制定了作业指导书。研究结果表明:该方法节约了工时分析时间,提高了动作时间分析的效率和产品生产效率,既满足了客户对产品的个性化需求,也提高了产品的响应速度。

关键词:标准工时;MTM-UAS;装配线;动作时间分析;生产效率

中图分类号:TH165;F273

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2018)02-0128-05

Application of mass customization oriented MTM in assembly line

GUO Chen, LU Yu-jun, JIA Jiang-ming

(College of Mechanics and Automation, Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the problem that assembly line production efficiency is low, the mode of production, operation of operators, method of analyzing man-hours and so on were studied, the MTM method was applied to establish the standard labor time and improve production efficiency when the standardization work was made. A method of MTM application based on mass customization was proposed in assembly line, the method of using “method-time-measuring-general system” (MTM-UAS) was carried out on the movement analysis of assembly line. According to the needs of a customer’s order, general parts were chose and assembling operation of universal parts was analyzed with the MTM-UAS method, analysis of time combination as a module was stored in the module library, reusable module was used to calculate the standard working hours, make the work instructions. The results indicate that the method saves industrial engineers’ timeanalysis, improve the efficiency of the movement time analysis and product production efficiency, not only satisfy the personalized needs of customers for products, but also improve the response speed of the products.

Key words: standard working time; MTM-UAS; assembly line; action time analysis; production efficiency

0 引 言

随着低成本、高质量、定制的产品和服务越来越成

为客户关心的重点,原有的大批量生产低成本、稳定的质量、标准化的产品和服务已无法满足客户的个性化需求^[1]。企业根据客户提出的个性化需求,分析出客

收稿日期:2017-05-31

基金项目:国家科技部创新方法工作专项项目(2016IM020100);浙江省自然科学基金资助项目(LY14G010007);浙江省公益计划项目(2016C31073)

作者简介:郭 晨(1991-),男,河北泊头人,硕士研究生,主要从事精益制造、企业信息化方面的研究。E-mail:915211226@qq.com

通信联系人:鲁玉军,男,博士后,副教授。E-mail:luet_lyj@zstu.edu.cn

户需求产品的共性部分和个性部分,利用企业已有的设计资源进行产品设计,设计产品的同时也要考虑到生产和装配的效率问题,这就要求企业既要满足客户的个性化需求,又要提高生产率,而制约产品生产效率的一个重要因素是标准工时的制定。

本研究通过使用“方法-时间-测量-通用系统”(method-time-measurement universal analysis system, MTM-UAS)方法对大批量定制的产品进行动作分析,对时间进行模块化划分,提高产品的生产效率、响应速度。

1 MTM 研究背景与现状

1.1 动作时间分析

19世纪80~90年代,泰勒和吉尔布雷斯夫妇^[2]发起动作和时间研究,将人的动作划分为17个动作单元,形成了MTM基本动作的前身;美国人西格^[3]将时间研究和动作研究相结合提出了动作时间分析法;美国学者H. B. 梅那德等人^[4]开发了MTM基本方法(MTM-1),对MTM方法基本原理进行了总结;1957年MTM标准成为国际标准,在世界范围内得到了广泛应用^[5];1962年德国MTM协会成立并致力于MTM的推广应用和研究,协助企业培训专业人才并提供咨询服务^[6];1970年以后,预定时间标准系统结合计算机使用,走向了另一个历史里程碑。

国内也对MTM进行了研究。张明应用MTM方法计算F-Zeit,并根据F-Zeit进行节拍平衡,制定了标准化作业;陈平等^[7]提出将MTM-USA法和虚拟仿真技术相结合,利用该方法对人机、工艺流程、设备及工位场地布置等三方面进行标准化,投产前评估出理论标准工时;严骏^[8]则提出时间数据压缩方法,建立了一套基于MTM-UAS预定时间系统;邱驾云^[9]运用MTM理论对不必要的动作进行优化,消除动作瓶颈,提高了生产效率;周振纲^[10]用MTM-1方法对喷油器装配线瓶颈工位进行改善,降低节拍时间,提高生产线的效率。现在MTM-UAS方法在企业中常用的预订时间法包括工作因素法、方法时间测量和模特法。

时间分析法的类别如图1所示。

1.2 大批量定制原理及应用

大批量定制是一种集企业、客户、供应商和环境等于一体,以大批量生产的成本、高质量和高效率提供定制产品和服务的生产方式。装配工时模块的重

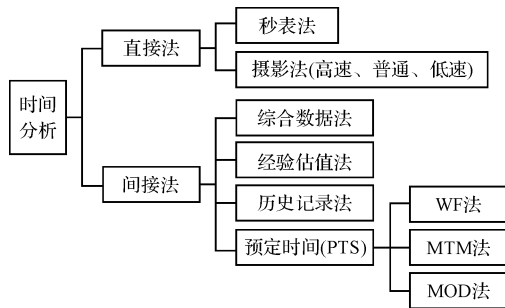


图1 时间分析法的类别

用性是提高生产效率的必然要求^[11],利用大批量定制的重用性原理可以帮助企业合理的重复利用已有装配工时数据以及工时模块^[12],从而不必再重复利用MTM-UAS重复分析操作工的相似或相同的动作单元。

1.3 MTM-UAS 的概念及发展

在实施标准化作业过程中,MTM是对操作动作内容时间评估的一个重要工具。MTM法是一种将动作流程分解成基本动作的方法。每个基本动作都有规定的时间值,时间值的大小是通过所考虑的影响因素来预先确定^[13]。

UAS通用分析系统是用于组织、计划和描述人工可影响的操作流程的工具,并根据完成操作所需要方法确定时间。

UAS方法包括7个基本操作:够取和放置、放置、使用辅助工具、启动操作、动作循环、身体动作,视力控制。

MTM-UAS时值卡如表1所示。

2 某公司装配生产线现状

某公司主要产品是电动工具,采用大批量生产的方式进行生产,根据市场预测提前对各类产品进行备货,工业工程师运用MTM-UAS方法对操作动作进行分析,然后对工人动作及工位环境进行改善。

运用MTM-UAS法对产品A的工位2进行动作分析,分析结果如表2所示。

不同的产品在不同装配线上进行装配时,使用MTM-UAS方法对工序进行动作时间研究,但该方法会对相似或者相同的零部件重复分析,并且操作过程动作的划分过细,以致该方法使用过于繁琐、分析效率太低,既加大了规划员和工业工程师的工作量,也增加了在实际使用中由于判断量过多造成的分析失误的可能。

表 1 MTM-UAS 时值卡

够取和放置(重量单位:kg)		编码	1	2	3	使用辅助工具	编码	1	2	3	
			TMU					TMU			
≤1	容易	大约	AA	20	35	50	大约	HA	25	45	65
		松弛	AB	30	45	60	松弛	HB	40	60	75
		紧密	AC	40	55	70	紧密	HC	50	70	85
	困难	大约	AD	20	45	60	启动操作	编码	1	2	3
		松弛	AE	30	55	70			TMU		
1~8(含)	满手	紧密	AF	40	65	80	单一动作	BA	10	25	40
		大约	AG	40	65	80	组合动作	BB	30	45	60
	大约	大约	AH	25	45	55	动作周期	编码	1	2	3
		松弛	AJ	40	65	75			TMU		
8~22(含)	大约	紧密	AK	55	75	85	一个动作	ZA	5	15	40
		大约	AL	80	105	115	动作次序	ZB	10	30	40
	放置	松弛	AM	95	120	130	移动或一个动作	ZC	30	45	55
		紧密	AN	120	145	160	固定或松开	ZD	20		
放置	编码	1			2			身体动作	编码	TMU	
		TMU			TMU					25	
	大约	PA	10	20	25	弯腰、蹲下、跪下 (包括直起)	KB	60			
	松弛	PB	20	30	35	坐下或站起	KC	110			
	紧密	PC	30	40	45	视力控制	VA	15			

注:表头中数字 1-动作长度小于或等于 20 cm;数字 2-动作长度范围 20 cm~50 cm(含);数字 3-50 cm~80 cm(含)

表 2 STO2 工时分析

序号	左手	粗糙代码	编码	TMU	频数	总 TMU	操作时间/s
1	取压好轴承的转子放入锁螺母工装	AB40	AB2	45		45	1.6
2	将装好的合件放入下个缓冲工装	AA10	AA1	20		20	0.7
3	取一个转子放入转子压机	AD40	AD2	45		45	1.6
4	取铜套放入铝头压机下模	AA10	AA1	20		20	0.7
5	取销子	AA30	AA2	35		35	1.3
6	取铝头	AA10	AA1	20		20	0.7
7	将铝头放入右压机下模	PC20	PC1	30		30	1.1
8	取弹簧套	AA30	AA2	35		35	1.3
9	取按钮装进销子	PB10	PB1	20		20	0.7
10	将铝头放入右压机下模	PB15	PB1	20		20	0.7
11	取一个风扇装入转子轴	AE30	AE2	55		55	2.0
12	取小垫片装在转子轴上	AB25	AB2	45		45	1.6
13	取轴承放在小垫片上	AB25	AB2	45		45	1.6
14	取大垫片放在轴承上	AB25	AB2	45		45	1.6
15	取小齿放在大垫片上	AB25	AB2	45		45	1.6
16	螺母放在小齿上	AB25	AB2	45		45	1.6
17	取气动螺丝刀打紧螺钉	HB15	HB1	40		40	1.4
18	机器工作时间	PT	PT	H 列输入		42	1.5
19	取橡皮帽	AC15	AC1	40		40	1.4
20	取转子合件	AA15	AA1	20		20	0.7
21	取机壳定子合件	AK60	AK3	85		85	3.1
						总 BT	796.67
						总 BT	28.68

3 大批量定制的 MTM 在装配生产线上的应用

本研究针对以上问题,提出改善措施,将企业原有

的大批量生产方式转变成按订单装配的生产方式。按订单装配的定制产品通常具有通用或相似零部件,不同的作业实际上都是由一些基本操作按一定顺序组合而成的。根据这个特点,将这些顺序组合成基本模块,存储在模块库中。

大批量定制与 MTM 在制定装配工时上的应用思路如图 2 所示。

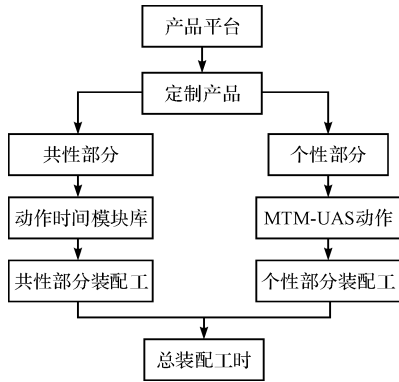


图 2 大批量定制与 MTM 在装配工时上的应用思路

如图 2 所示,接到新订单后,分析出产品的共性部分和个性部分,共性部分查看模块库,个性部分重新进行动作分析,从而计算出每个产品的欲装配时间,从而提高产品的响应速度。

本研究对表 2 中的动作重新分析,将表 2 中序号 6、7 项进行合并,并命名为固定铝头。

固定铝头工时分析如表 3 所示。

本研究将序号 11、12、13、14、15、16、17 项进行合并,并命名为安装风扇、轴承、小齿;这两个动作组合模块经常出现在其他产品中,因此将这两个组合模块放入模块库中。

安装风扇、轴承、小齿工时分析如表 4 所示。

表 3 固定铝头工时分析

序号	左手	粗糙代码	编码	TMU	频数	总 TMU	操作时间/s
6	取铝头	AA10	AA1	20		20	0.7
7	将铝头放入右压机下模	PC20	PC1	30		30	1.1
							1.8

表 4 安装风扇、轴承、小齿工时分析

序号	左手	粗糙代码	编码	TMU	频数	总 TMU	操作时间/s
11	取一个风扇装入转子轴	AE30	AE2	55		55	2
12	取小垫片装在转子轴上	AB25	AB2	45		45	1.6
13	取轴承放在小垫片上	AB25	AB2	45		45	1.6
14	取大垫片放在轴承上	AB25	AB2	45		45	1.6
15	取小齿放在大垫片上	AB25	AB2	45		45	1.6
16	螺母放在小齿上	AB25	AB2	45		45	1.6
17	取气动螺丝刀打紧螺钉	HB15	HB1	40		40	1.4
							11.4

现公司生产产品 A 批量 100 个,产线 14 个工位,节拍时间 25 s;产品 B 批量 300 个,产线 8 个工位,节拍时间 20 s;产品 C 批量 400 个,产线 10 个工位,节拍时间 28 s;产品 D 批量 600 个,产线 12 个工位,节拍时间 30 s;产品 E 批量 1 000 个,产线 15 个工位,节拍时间 36 s。MTM 工程师拍摄视频时使每个工位延迟 2 min,期间开早会 10 min,工作前准备 20 min,吃饭 40 min,其他中断时间 30 min。

按照原来方法分析产品的种类、产量、节拍时间、产线工位个数和 MTM 工程师导致的延迟时间,各类产品对应的工位、产量等情况如表 5 所示。

表 5 各类产品对应的工位、产量等情况

产品类型	产量	节拍时间	产线工位个数	MTM 工程师导致的延迟时间/min
A	100	25	14	14 × 2
B	300	20	8	8 × 2
C	400	28	10	10 × 2
D	600	30	12	12 × 2
E	1 000	36	15	15 × 2

生产效率为:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{j=A} n_j CT_i}{\sum_{i=1}^{j=A} n_j CT_i + T_k} \quad (1)$$

式中: P —生产效率; n_j —产品的产量, $i = A, B, C, D, \dots$; CT_i —节拍时间, $i = 1, 2, 3, \dots$; T_k —宽放时间。

将上述表 5 内的数据代入公式(1)得到:

$$P = (25 \times 100 + 20 \times 300 + 28 \times 400 + 30 \times 600 + 36 \times 1\,000) \div (14 \times 2 \times 60 + 8 \times 2 \times 60 + 10 \times 2 \times 60 + 12 \times 2 \times 60 + 15 \times 2 \times 60 + 10 \times 60 + 20 \times 60 + 40 \times 60 + 25 \times 100 + 20 \times 300 + 28 \times 400 + 30 \times 600 + 36 \times 1\,000) \times 100\% = 73\,700 \div (11\,280 + 73\,700) = 86.73\%$$

本研究利用面向大批量定制的 MTM 方法对以上情况进行分析,可以发现,该方法减少了 MTM 工程师的重复分析,产品 A 减少了 6 次,产品 B 减少了 4 次,产品 C 减少了 3 次,产品 D 减少了 5 次,产品 E 减少了 6 次,有效提高了工作效率。

各类产品对应的工位、产量等情况分析结果,如表 6 所示。

表 6 各类产品对应的工位、产量等情况

产品类型	产量	节拍时间	产线工位个数	MTM 工程师导致的延迟时间/min
A	100	25	14	8 × 2
B	300	20	8	4 × 2
C	400	28	10	7 × 2
D	600	30	12	7 × 2
E	1 000	36	15	9 × 2

本研究将上述表 6 内的数据代入式(1),可以得

表 7 改善前、后 MTM 工程师导致的延误时间和生产效率的对比

产品类型	改善前 MTM 工程师导致的延迟时间/min	改善后 MTM 工程师导致的延迟时间/min	改善前生产效率/(%)	改善后生产效率/(%)
A	14 × 2	8 × 2		
B	8 × 2	4 × 2		
C	10 × 2	7 × 2	86.73	94.61
D	12 × 2	7 × 2		
E	15 × 2	9 × 2		

4 结束语

本研究在原有的 MTM-UAS 法在装配线上应用的基础上进行改善,利用大批量定制模块化原理,从大批量定制的产品结构中选择出相似或者相同的零部件,笔者利用 MTM-UAS 方法对该零部件进行动作时间分析,将其分析结果作为模块存储在模块库中。

研究表明:该方法可节约工程师对其他产品中相似或者相同零部件的分析时间达 48 min,生产效率可提升 8.12%。

由于分析效率较低、不同熟练程度的动作时间不同,本研究结果存在一定误差。在下一阶段,本研究将对所有产品进行模块化分析,分析出工时模块,建立完整的模块库并加以进一步完善,将其作为一个分析工时的平台。

参考文献 (References):

[1] 祁国宁,顾新建,谭建荣,等. 大批量定制技术及其应用 [M]. 北京:机械工业出版社,2003.

[2] 高帆. 基于 MTM 的物料员劳动定额制定和实施 [D]. 广州:广东工业大学机电工程学院,2014.

[3] 张鲁. KC 公司车架组装生产线作业方法与时间优化研

究 [D]. 济南:山东大学管理学院,2013.

$$P = (25 \times 100 + 20 \times 300 + 28 \times 400 + 30 \times 600 + 36 \times 1\,000) \div (8 \times 2 \times 60 + 4 \times 2 \times 60 + 7 \times 2 \times 60 + 7 \times 2 \times 60 + 9 \times 2 \times 60 + 10 \times 60 + 20 \times 60 + 40 \times 60 + 25 \times 100 + 20 \times 300 + 28 \times 400 + 30 \times 600 + 36 \times 1\,000) \times 100\% = 73\,700 \div (4\,200 + 73\,700) \times 100\% = 94.61\%$$

由此可见,通过改善节约了 MTM 工程师时间 48 min,提高了其工作效率,装配线的生产效率由原来的 86.73% 提高到 94.61%。具体改善前、后 MTM 工程师导致的延误时间和生产效率的对比结果,如表 7 所示。

[4] MAYNARD H B, STEGEMERTEN G J, SCHWAB J L. Methods-time measurement [M]. New York: Mc Graw-Hill Book Co., 1948.

[5] 张明. MTM 在汽车总装车间生产线布线中的应用 [J]. 汽车维修, 2008(12): 22-23.

[6] 佚名. 德国 MTM 工业工程协会 [J]. 中华汽配, 2005(10): 50.

[7] 陈平,赵东海,黄青斌,等. 基于 MTM-USA 法汽车总装线的标准工时分析 [C]. “广汽传祺杯”广东省汽车行业第八期学术会议,广州:广东省汽车行业协会,2015.

[8] 严骏. 基于 MTM-UAS 的规划预定时间系统 [J]. 汽车实用技术, 2013(7): 5-9.

[9] 邱驾云. MTM 在轨体机加工生产线的运用 [J]. 江苏科技信息, 2014(16): 49-51.

[10] 周振纲. 喷油器装配线生产效率提升分析 [J]. 江苏科技信息, 2016(27): 74-77.

[11] 张迪. 大规模定制环境下基于工艺相似性的工时模块化方法研究 [D]. 重庆:重庆大学机械工程学院,2014.

[12] KUO C F, WANG M J. Motion generation from MTM semantics [J]. Computers in Industry, 2009, 60(5): 339-348.

[13] 王磊,张秀芬. 基于 MTM 法的报废汽车拆卸时间评估研究 [J]. 机械工程师, 2014(5): 40-42.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

郭晨,鲁玉军,贾江鸣. 面向大批量定制的 MTM 在装配线上的应用研究 [J]. 机电工程, 2017, 35(2): 128 - 132.

GUO Chen, LU Yu-jun, JIA Jiang-ming. Application of mass customization oriented MTM in assembly line [J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017, 35(2): 128 - 132.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>