

# 基于MTM的汽车焊装生产线人员优化

陈志毅<sup>1</sup> 吕长亮<sup>2</sup> 郭玉芹<sup>2</sup> 王佳新<sup>3</sup> 范增奇<sup>3</sup>

(1.重庆长安汽车股份有限公司,重庆 400000;2.一汽模具制造有限公司,长春 130000;3.一汽大众汽车有限公司,长春 130011)

**摘要:**采用传统的人员节拍计算方法通常只能粗略计算工时,与实际结果相差较大。阐述了方法时间测量(MTM)计算方法原理,通过MTM方法分析,准确计算焊装线体工人的工作负荷,同时阐述汽车焊装线体不同料口上件形式并分析优缺点。根据MTM计算结果,提出对焊装生产线工人数量及上件形式的优化方案,保证线体工人数量合理性,提高工厂效率。

**关键词:**汽车焊装线 MTM 上件料口形式 人员优化

**中图分类号:**U466 **文献标识码:**B **DOI:** 10.19710/J.cnki.1003-8817.20220373

## Personnel Optimization of Vehicle Welding Production Line Based on MTM

Chen Zhiyi<sup>1</sup>, Lü Changliang<sup>2</sup>, Guo Yuqin<sup>2</sup>, Wang Jiabin<sup>3</sup>, Fan Zengqi<sup>3</sup>

(1. Chongqing Changan Automobile Company Limited, Chongqing 400000; 2. FAW Die Mold Manufacturing Co., Ltd., Changchun 130000; 3. FAW-Volkswagen Automotive Company Ltd., Changchun 130011)

**Abstract:** Using the traditional personnel beat calculation method usually can only calculate the approximate time, which is quite different from the actual result. This paper elaborated the principle of Methods-Time Measurement (MTM) calculation method, through the MTM analysis, accurate calculation of workers load of the welding line, at the same time introduced different kinds of feeding ports of the automobile welding line and analyzed its advantages and disadvantages. According to the calculation results of MTM, this paper proposed the optimization scheme of the worker number on the welding line and the form of feeding port to ensure the rationality of the workers number and improve the efficiency of the factory.

**Key words:** Automobile welding line, MTM, Feeding port form, Personnel optimization

### 1 前言

随着汽车焊装生产线的逐步发展,各大主机厂对成本的控制愈发严格。并且在工业4.0智慧工厂和无人化工厂概念的推动下,减少线体工作人员,提高人员工作效率成为了各个主机厂的工作要点。相比于传统的规划方式计算,采用更科学、准确的工时方法计算线体工作人员负荷,并根据计算结果制定线体人员数量和优化方案更是大势所趋。

方法时间测量(Methods-Time Measurement,

MTM)是一种在国外企业广泛应用的工时计算方法,本文将先介绍MTM的基本概念及计算方法,然后分类阐述焊装线各类料口的上件形式,并以MTM计算法为载体,阐述在汽车焊装生产线中的人员优化方案。

### 2 MTM基本概念

MTM是指完成某一确定工作所需要的时间取决于所应用的方法,即时间是方法的函数<sup>[1]</sup>。MTM是一种基本方法,通过把整个动作过程划分成许

作者简介:陈志毅(1995—),男,助理工程师,学士学位,研究方向为汽车焊装制造技术。

**参考文献引用格式:**

陈志毅,吕长亮,郭玉芹,等.基于MTM的汽车焊装生产线人员优化[J].汽车工艺与材料,2023(6):37-45.

CHEN Z Y, LÜ C L, GUO Y Q, et al. Personnel Optimization of Vehicle Welding Production Line Based on MTM[J]. Automobile Technology & Material, 2023(6): 37-45.

多个基本动作,每个基本动作赋予一个时间评价价值,时间值受各种影响因素的限制,并将最后得出的时间值称为标准作业时间(Standard time)。

MTM 广泛运用于各类制造业,在发展的过程中出现了各类过程模块。应用于生产型企业的 MTM 过程模块主要有基础系统(MTM-1)、通用分析系统(MTM-UAS)、标准数据(MTM-SD)、小批量生产测量系统(MTM-MEK)。而针对汽车行业的特性而言,广泛使用的是通用分析系统(MTM-UAS)<sup>[1]</sup>。

MTM-UAS 代码由 3 部分构成(图 1),第 1 个字母表示代表动作的基本工序,在 MTM-UAS 中,将此部分标准化,并分为 7 类,分别是拿起与放置(A)、放置(P)、辅助工具的使用(H)、操作(B)、动作循环(Z)、身体动作(K)、目控(V),下面将对这 7 类进行分别详细的阐述。

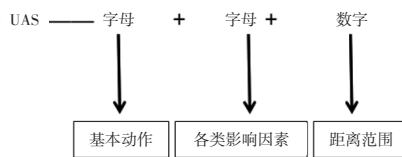


图 1 MTM-UAS 系统符号组成

拿起与放置(A)定义为用手或手指移向一个或几个物体,拿住它(们),并接着把它(们)送到一个带有一定精度的地方。该动作分为 2 个路程,一个路程为将零件拿起,另一个路程为放置到另外的地点,图 2 为详细图解。

		拿起		
状况		简单	困难	一把抓
		单独放置的物体	混放的物体	堆放或散放物体
MTM-1 编码		G1A G1B	G4	成把抓握
		G5	G1C	成握抓握
UAS 编码		AA/AB/AC	AD/AE/AF	AG
需要注意力				

		放置		
状况		大约	松弛	紧密
插入		间隙>12 mm 放在大概位置 或放在挡板处	3 mm≤间隙≤ 12 mm 不需要压 力和无明显减速	间隙≤3 mm 需要压力或 有明显减速
靠放		误差±6 mm	误差≤±6 mm >±1.5 mm	误差≤ ±1.5 mm
UAS 代码		AA/AD/AG/P A/AH/AL/HA	AB/AE/AJ/AM/ PB/HB	AC/AF/AK/ AN/PC/HC
控制程度高				

图 2 拿起与放置

放置(P)定义为在规定的精度范围内,把一个或几个已被手指控制住的物体,放置到下一个确定的地点去,或者是把已被手或手指控制住的辅

助工具放到一个额外的使用位置上去。放置只包含一个路程,可以视为拿起与放置(A)的一部分,也适用于其相应的标准和图解。

辅助工具的使用(H)定义为用手或手指拿起一个或几个辅助工具,把它(们)放到使用位置上,用完之后放下。辅助工具的使用(H)这个模块包含了对辅助工具的拿起、移动到相应位置、放下 3 个路程(图 3),但不包含使用工具进行具体工作的时间。



图 3 辅助工具的使用

操作(B)定义为用手或脚达到对调节部件的控制,并完成单一的或符合规定的调节过程。操作(B)模块只包含一个路程,该模块也只包含一个单一或复合的启动动作,如使用启动操作杆,曲柄,脚踏板,拍复位按钮(图 4)。如果涉及到与接下来的动作相连,就需要考虑使用动作循环(Z)模块。

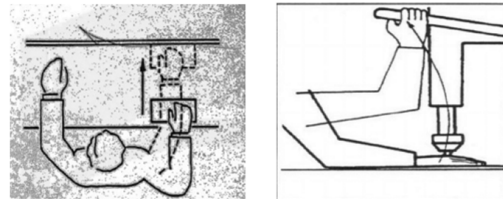


图 4 典型操作的使用

动作循环(Z)定义为用手、手指或者脚进行的周期性重复的动作流程。在此动作模块中,是否使用工具是无关紧要的,例如在焊装线体的人工工位,在使用拧紧工具拧紧多颗螺钉(图 5),可以使用动作循环模块。



图 5 典型动作循环的图例

身体动作(K)定义为当身体轴线转动,移动或倾斜对确定的时间有影响时,就应考虑的身体动

作。在焊装线料口中,从料箱到上料口往复的运动就是最基本的转身身体动作(图6)。



图6 人员在上件过程中的典型身体转身动作

目控(V)定义为用眼睛来进行的检查过程,以便于作出某一判断。只有在明文规定把目控作为一项独立工作进行时才使用此模块,如图7所示。在焊装线中,人工检查工位是最典型的目控动作模块,例如在地板线的MAG焊返修检查工位、主焊线的激光焊检查工位。

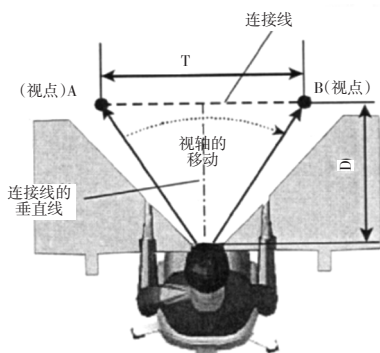


图7 目控的使用

MTM-UAS第2个字母表示各类影响因素,即动作达成的难易程度,这些影响因素主要包括物体质量,难以搬动程度,够取情况,放置情况和距离范围。这个字母根据这5个维度划分为不同的等级。不同动作模块所受到的影响因素也不同,在表1有限制条件的对应时间关系。

第3个数字表示移动的距离,根据移动的距离不同,分为3类,如表1所示。

表1 MTM-UAS符号中第3位数字的动作范围	
动作长度/cm	距离范围(UAS编码)
≤20	1
(20,50]	2
(50,80]	3

在7种标准动作模块中有5种动作需要额外

考虑动作范围,分别为:拿起和放置(A),放置(P),辅助工具的使用(H),操作(B),动作循环(Z)。例如:将一个料斗(≤1 kg)拿到20 cm的挡板处,就可以用AA1表示,需要增加第3位的距离范围。

具体的编码计算汇总如表2所示,将MTM-UAS代码中的3种符号按照不同操作,不同情况所用的工时分别列出。

### 3 使用MTM-UAS算法的优点

#### 3.1 MTM将人员工时标准化

MTM的符号缩写定义和判定标准在世界范围内是通用的,有利于各地区的使用及对标,减少对工作效率评价的主观判断过程,使工时标准处于同一水平,保证判定的通用化、标准化。MTM标准时值单位为TMU,1 TMU=0.036 s。根据模块化的MTM-UAS代码,使得前期规划可以更快计算人员工时。

#### 3.2 MTM评价标准有助于线体工艺优化

在进行MTM-UAS工时计算之前需要明确工作方法,如行走的距离、搬运的距离等。因此,在应用MTM算法时,工程师在前期必须充分思考和分析,不断改进和优化工作方法,进而优化整个线体工艺流程。

#### 3.3 MTM有助于规范操作者统一性

MTM-UAS工时计算标准及结果可以被作为操作者的标准工序作业指导,经过统一培训后可使所有的操作者按照标准化流程作业,有利于生产线培训工作的。

### 4 汽车焊装线上件料口形式

在汽车焊装生产线中,线体人员工作负荷主要来源于上件料口,根据不同上件形式,上件可以分为强制节拍上件与非强制节拍上件。强制节拍上件的含义是指在每个节拍循环中,都需要工人在这个料口上件;非强制节拍上件则与之相反,可以在上件处建立存储,工人每隔一段时间来上件即可满足需求。下面分析下各种不同形式的上件优缺点。

#### 4.1 人工上件台

人工上件台是焊装线最普遍的上件形式,广泛应用于各种汽车焊装线(图8)。

表2 MTM-UAS 标准时间值卡片

动作长度/cm		≤20	(20,50]	(50,80]		
距离范围		1	2	3		
够取与放置(A)	编码	1	2	3		
			TMU			
≤1daN	大约	AA	20	35	50	
	容易	松弛	AB	30	45	60
		紧密	AC	40	55	70
	大约	AD	20	45	60	
	困难	松弛	AE	30	55	70
		紧密	AF	40	65	80
满手	大约	AG	40	65	80	
(1,8]daN	大约	AH	25	45	55	
	松弛	AJ	40	65	75	
		紧密	AK	50	75	85
(8,22]daN	大约	AL	80	105	115	
(8,22]daN	松弛	AM	95	120	130	
	紧密	AN	120	145	160	
放置(P)	编码	1	2	3		
			TMU			
大约	PA	10	20	25		
松弛	PB	20	30	35		
紧密	PC	30	40	45		
使用辅助工具(H)	编码	1	2	3		
			TMU			
大约	HA	25	45	65		
松弛	HB	40	60	75		
紧密	HC	50	70	85		
启动操作(B)	编码		TMU			
	单一	BA	10	25	40	
组合	BB	30	45	60		
动作周期(Z)	编码		TMU			
	一个动作	ZA	5	15	20	
动作次序	ZB	10	30	40		
移回或一个动作	ZC	30	45	55		
固定或松开	ZD		20			
身体动作(K)	编码		TMU			
	行走/m	KA	25			
弯腰,蹲下(包括直起)	KB		60			
坐下和站起	KC		110			
视力控制(V)	编码		TMU			
	VA		15			

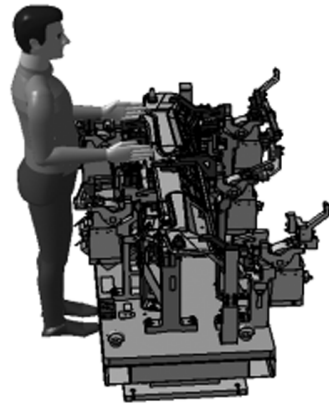


图8 人工上件台

优点:适用于所有零件,易于满足机器人抓取的工艺需求。

缺点:人工上件时需要占用每个工艺节拍循环,属于强制节拍上件。对于尺寸较大零件,上件台一次只能上一个零件,对人员负荷很大,一般情况下,每个强制节拍上件口都需要安排一个工人,便于及时上件。

#### 4.2 转台形式上件台

与常规上件台的区别是将上件台放置到旋转单元上,分为AB面夹具(图9)。

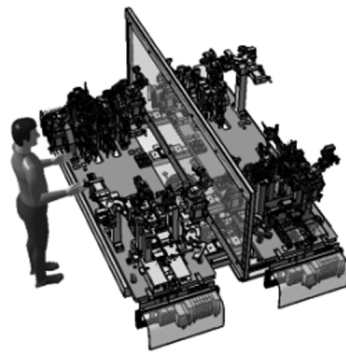


图9 人工上件转台

优点:和上件台一样,易于满足机器人抓取的工艺需求,同时由于夹具A面、B面两侧是完全相同的,机器人在里侧工作时,人工可以在外侧上件,不会影响生产节拍。

缺点:由于A面、B面两侧夹具完全相同,夹具的一致性要求相对苛刻,夹具调试具有一定难度。

#### 4.3 上件抽屉/精定位料车

上件抽屉(图10),常用于小型零件,或是中型零件,这种上件工艺普遍采用双料口形式,为非强制节拍上件。精定位料车(图11)与上件抽屉类似,同样普遍采用双料口形式,区别在于抽屉在抽

出后工装不脱离定位机构,而精定位料车和料口的配合可以随时将料车从料口中推出来,车型切换时较为方便。

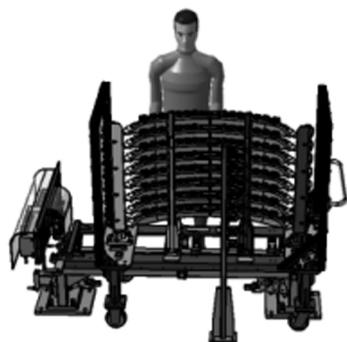


图10 人工上件抽屉

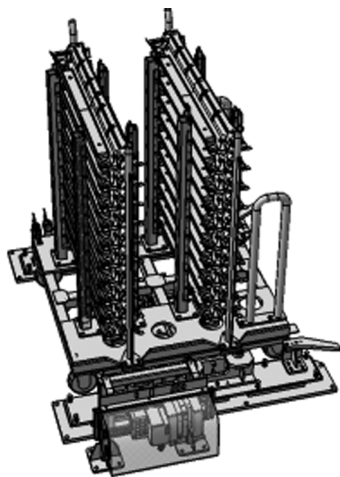


图11 精定位料车

优点:不占用生产线节拍,一般采用叠层的形式,一般每个料口可以放置较多零件,该工位的工人可以兼顾工作。

缺点:由于为叠层形式,当工人放置最底层零件时弯腰幅度会比较大,同时抽屉对零件尺寸要求比较高,尺寸过大的零件不适合使用该种形式。此外,虽然该形式属于非强制节拍上件,但依旧存在需要操作者将零件从物流器具转移到抽屉的过程。

#### 4.4 输送链(Buffer)

上件输送链(Buffer)常用于汽车焊装线体,在上件工位主要有3种形式:水平 Buffer(图12),倾斜 Buffer(图13),立式回转 Buffer(图14),属于非强制节拍上件。

优点:根据不同的布局可以采用不同类型 Buffer,并设计对应不同上件姿态的工装托盘夹具,基本适用于所有形式的白车身零件。

缺点:相较于其它方案,Buffer托盘的回转面积占用地面面积较大。同时buffer为电机驱动,相对于其它方案成本要高出很多。

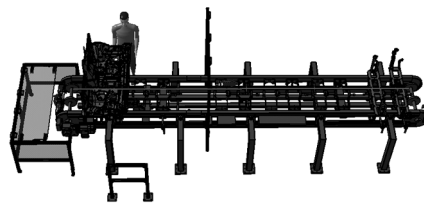


图12 水平 Buffer

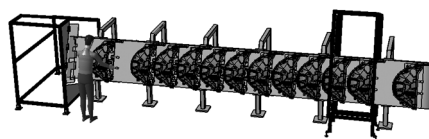


图13 倾斜 Buffer

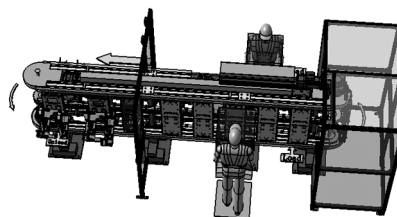


图14 立式回转 Buffer

#### 4.5 重力滑移机构

重力滑移机构(图15)是近两年在丰田公司低成本自动化中有所应用的上件形式,比较适用于白车身中的各种梁件和对称件。零件通过重力从斜坡上一个接一个地滑落,每一个零件都和后一个零件贴合,并在最后机器人抓件位设置有定位和夹紧,属于非强制节拍上件的一种,图16是重力滑移机构的现场应用。

优点:存储的零件数量非常大,能存储大约2倍于上件抽屉的零件数量,同时工人上件不需要弯腰,对操作者非常友好。与 Buffer类似,但主要是通过纯物理结构实现,因此成本较低。

缺点:结构和力学计算相对复杂,现场调试难度极大,需要的调试周期较长。

#### 4.6 基于3D机械视觉的物流器具直接抓取

基于这些年机械视觉在汽车生产线上的广泛应用,通过机械视觉的辅助,可以实现零件角度为 $\pm 5^\circ$ 、长度为 $\pm 70$  mm的精度。越来越多直接从物流器具中抓取的情况出现了,通过这种形式,线体旁边不再需要上件的工人,极大的节省了线体人员数量,

这也是各类焊装生产线主要研究的方向。

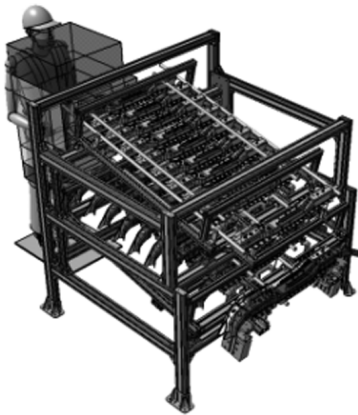


图15 重力滑移机构示意



图16 重力滑移机构现场应用

#### 4.6.1 物流器具料库

图17为某合资车企叉车上件料库,叉车直接将料车放置到料口,并通过两侧双滚筒结构推入料口内部,在料口内侧到位位置设有定位销,通过和物流器具配合后,采用举升机构将器具举起,里侧机器人通过机器人视觉找正精度,实现精确抓取。图18为该料库现场应用。

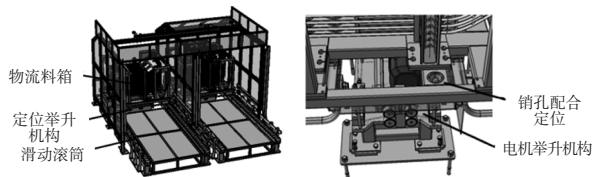


图17 物流器具料库

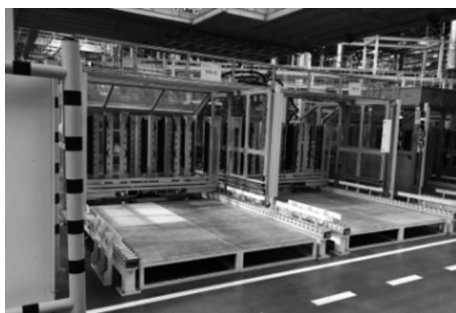


图18 物流器具料库现场应用

优点:由于是用物流器具直接在线体料口上件,不需要额外导件工作,因此该种形式不需要线体工作人员,由物流转运人员完成即可。

缺点:物流器具精度较低,采用该种形式的上件方式需要配备视觉系统辅助抓件,对线体工艺节拍有一定要求。此外,该料口适用于中型以上零件,太小零件不适合该种方式。

#### 4.6.2 无序抓取

无序抓取是在传统3D视觉基础上,更进一步的视觉抓取技术。传统料箱中,零件是按照既定顺序摆放,即有序摆放。而在无序凌乱的料箱中,需要通过机器人视觉技术,计算料箱中可以抓取的零件位置以及抓取顺序进而准确抓取。该工艺近些年在焊装线上逐渐应用,对零件类型要求种类非常苛刻,并非所有的零件都适合无序抓取。图19为某合资车企侧围内板零件的无序抓取抓手设计,机器人通过磁力吸盘和3D视觉计算将零件从料箱中取出,视觉系统摄像头采用龙门架形式放置在料箱上固定端,每次抓取前对零件进行拍照(图20)。



图19 侧围内板零件无序抓取抓手

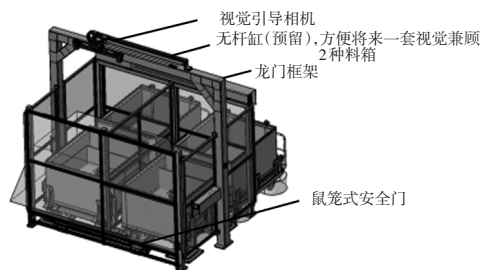


图20 无序抓取视觉与料库布局

优点:可以最大程度减少线体工作人员。

缺点:对零件外型及在器具中的放置形式要求极高,并非所有零件都能实现无序抓取,需要根据不同情况具体分析。零件外型规整,尺寸相对较小的零件,比较容易实现。

### 5 MTM-UAS在汽车焊装线体上的应用

汽车焊装生产线中,MTM-UAS可用来计算线体料口上件人员的工时,并根据节拍计算出该人员的实际劳动负荷。根据劳动负荷及工艺布局,制定工艺优化方案及线体减人方案,下面将围绕几种基于MTM计算结果的方案及案例进行详细阐述。

#### 5.1 强制节拍上件口改造成非强制节拍上件

将强制节拍上件口改为非强制节拍上件是生产线人员优化最常见的手段,通过一次性上多个零件,实现由“一人一口”改为“一人多口”。

以某合资车企节拍为55 JPH前地板自动线为例,原线体方案中,图21中3个上件料口由2个工人完成:第1个工人负责完成1号料口的手动涂胶上件工作;第2个工人负责完成2号料口和3号料口的纯上件工作。由于3个料口都是强制节拍上件的上件台,限制了线体工人数量。图22、图23为这2个工人的劳动负荷MTM计算。

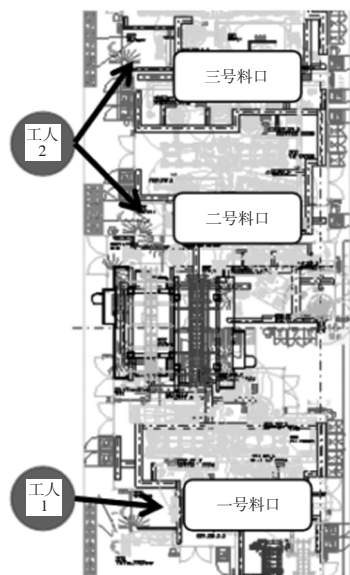


图21 原生产线的料口布局及人员安排

经过对这2个工人的MTM计算分析(图22、图23)可以看出,由于3个料口都采用强制节拍上件,第2个工人的工作负荷高,第1个工人的负荷虽有

余量,但由于该工位形成了一个孤岛,也无法分担其它工位负荷,工艺设置并不合理。

Basis: Taktzeit [sek] 55		Σ 987		35.5	
		Auslastung =		65%	
<b>1 人工上件-1360人工上件</b>					
人工转身到料箱	KA	25	1	25	0.9
弯腰取件	KB	60	1	60	2.2
人工拿件(1.5kg)	AH	25	2	50	1.8
行走1.5m到手动涂胶台	KA	25	1.5	37.5	1.4
放下零件	AJ	40	2	80	2.9
摆正零件	PB	20	2	40	1.4
人工取胶枪	AJ	65	1	65	2.3
手动涂胶	HCKE	0.278	376	104.444	3.8
弯腰取件	KB	175	1	175	6.3
人工拿件(1.5kg)	AH	25	2	50	1.8
行走5m到夹具	KA	25	5	125	4.5
放下零件	AB	30	2	60	2.2
摆正零件	PB	20	2	40	1.4
人工行走2m	KA	25	2	50	1.8
人工拍复位按钮	BA	25	1	25	0.9
人工行走2m	KA	25	3	75	2.7
				Zw.-Σ	987
					35.5

图22 1号工人的MTM工时计算

Basis: Taktzeit [sek] 55		Σ 1285		46.3	
		Auslastung =		84%	
<b>1 人工上件-1570人工上件</b>					
人工行走1.5m到料箱	KA	25	1	25	0.9
人工拿件小件(1kg)	AH	20	2	40	1.4
行走2m到夹具	KA	25	3	75	2.7
放下零件	AM	95	2	190	6.8
摆正零件	PB	20	2	40	1.4
人工行走2m	KA	25	2	50	1.8
人工拍复位按钮	BA	25	1	25	0.9
人工行走5m	KA	25	5	125	4.5
				Zw.-Σ	570
					20.5
<b>2 人工上件-1670人工上件</b>					
人工行走1.5m到料箱	KA	25	1.5	37.5	1.4
弯腰取件	KB	60	2	120	4.3
人工拿件小件(1kg)	AH	20	2	40	1.4
行走2m到5m夹具	KA	25	3.5	87.5	3.2
放下零件	AM	95	2	190	6.8
摆正零件	PB	20	2	40	1.4
人工行走2m	KA	25	2	50	1.8
人工拍复位按钮	BA	25	1	25	0.9
人工行走5m	KA	25	5	125	4.5
				Zw.-Σ	715
					25.7

图23 2号工人的MTM工时计算

最佳的的解决方案就是将现有的3个料口均改成非强制节拍料口,同时根据MTM计算结果分析,第1个工人的工作量中,手动涂胶的工作量占用了14s,约占工作量的40%,那么改进方案就随之而出:

- a. 通过将3个上件口改为立式回转 Buffer 上件,由强制节拍上件改为非强制节拍上件。
- b. 通过将手动涂胶改为自动涂胶,降低工人负荷。

从工人来讲,通过改造后可以实现将2名工人合并成1名工人。改造后的方案和MTM计算如图24和图25所示,经计算,工人工作负荷为84%,经过现场模拟,可以满足一个线体工人工作的实际要求,为线体节省了1名工人。

从物流方案上来讲,由于料口的位置未发生变化,对物流运输没有过多的影响。

从设备及人工成本上来讲,优化后增加了3套立式回转 Buffer 设备,一套自动涂胶设备。车间上件人员工时费用为85.26元/h,以目前热销车型每天10h+10h的生产工时,每年生产250天,生产6年(单车型生产周期)计算,工时费用为255.78万

元,表3为优化前后成本对比。可以看到,增加一名车间操作工人的成本远远大于线体增加的设备成本。

此处线体通过合理增加设备,减少了一名线体工人,同时降低了成本,提高了人员利用率。

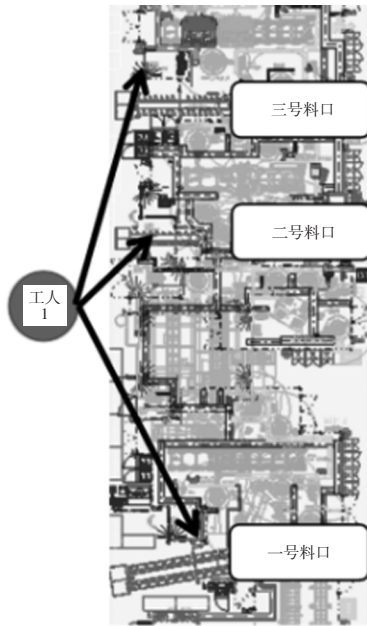


图24 改造后的线体方案

				Σ 25520	918.7
Basis: Taktzeit [sek] 1100				Auslastung =	84%
<b>1 人工上件:1365人工上件</b>					
人工行走2m到料箱	KA	25	40	1000	36.0
摘取零件	KB	60	40	2400	86.4
人工拿件小件(C1k2p)	A, B AH	1	25	1000	36.0
行走2m到Buffer	KA	25	40	1000	36.0
人工将零件放在Buffer托盘上	AJ	1	40	1600	57.6
摆正零件	PB	1	20	800	28.8
人工行走2m到1675工位	KA	25	25	625	22.5
Zw.-Σ				9425	303.3
<b>2 人工上件:1575人工上件</b>					
人工行走1m到料箱	KA	25	20	500	18.0
摘取零件	KB	60	20	1200	43.2
人工拿件小件(C1k2p)	C AA	1	20	800	28.8
人工行走2m到Buffer	KA	25	40	1000	36.0
人工将零件放在Buffer托盘上	AB	1	30	1200	43.2
摆正零件	PB	1	20	800	28.8
人工行走14m到1675工位	KA	25	14	350	12.6
Zw.-Σ				5850	210.6
<b>3 人工上件:1675人工上件</b>					
人工行走1m到料箱	KA	25	44	1100	39.6
摘取零件	KB	25	44	1100	39.6
人工拿件小件(C1k2p)	D, E KA	25	44	1100	39.6
人工行走3m到Buffer	KB	60	44	2640	95.0
人工将零件放在Buffer托盘上	AA	1	20	880	31.7
摆正零件	KA	25	44	1100	39.6
人工行走35m回到1365工位	AM	1	95	3325	119.7
Zw.-Σ				11245	404.8

图25 改造后的MTM计算

表3 优化前后的成本对比

影响变化		成本单价/元	成本总价/元
优化前	操作工人1名	2 557 800	2 557 800
优化后	自动涂胶设备1套	236 137	1 122 067
	立式回转 Buffer 3套	295 310	

### 5.2 通过将人工料口改造成物流器具料口

减少生产线人员的第2种思路是通过将部分人工上件料口改为物流器具的料库。通过物流人员直接将物流器具送入料口,线体机器人辅以视觉系统抓件,省去了线体人员从物流器具将零件转移到

上件台的过程,直接实现线体人员数量的优化。

以某合资车企节拍为55 JPH后地板面板自动线为例,原线体方案中,图26中2个上件工位均为强制节拍上件,每个料口各需要一个工人。虽然都是单纯的上件工艺,由于后地板面板的零件质量较大,上件数量较多,因此需要的上件时间较长。这导致2个料口的工作没办法合并成一个工人完成,而单独设置操作人员的劳动负荷又很低,工艺设置不合理,图27、图28是2名工人的MTM计算结果。

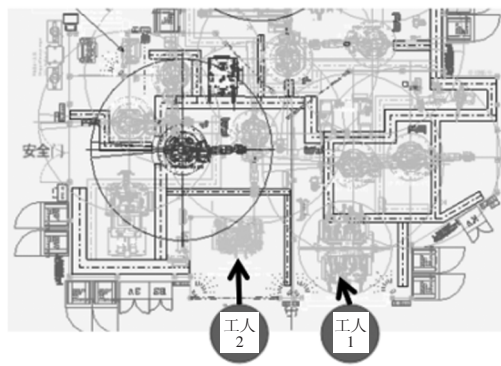


图26 后地板线体改造前方案

				Σ 1038	37.4	
Basis: Taktzeit [sek] 55				Auslastung =	68%	
<b>1 Einlegen in 1011</b>						
人工行走2米	KA	25	2	50.0	1.8	
人工取中件	AL	2	105	1	105	3.8
人工转身	KA	25	1	25	0.9	
人工行走2米	KA	25	2	50	1.8	
人工取中件	PB	2	30	1	30	1.1
人工转身	KA	25	1	25	0.9	
人工行走2米	KA	25	2	50	1.8	
人工取小件	AA	2	35	2	70	2.5
人工转身	KA	25	1	25	0.9	
人工取小件	KA	25	2	50	1.8	
人工取小件	PB	2	30	2	60	2.2
人工转身	KA	25	1	25	0.9	
人工行走2米	KA	25	2	50	1.8	
人工取小件	AA	2	35	2	70	2.5
人工转身	KA	25	1	25	0.9	
人工行走2米	KA	25	2	50	1.8	
人工取小件	PB	2	30	2	60	2.2
手动夹紧	SA1	87.8	1	87.78	3.2	
人工行走2米	KA	25	2	50	1.8	
复位按钮	PB	30	1	30	1.1	
人工行走2米	KA	25	2	50	1.8	
Zw.-Σ				1038	37.4	

图27 后地板1号工人MTM计算

				Σ 883	31.8	
Basis: Taktzeit [sek] 55				Auslastung =	68%	
<b>1 Einlegen in 1040</b>						
人工行走3米	KA	25	3	75.0	2.7	
人工取中件	AL	2	105	1	105	3.8
人工转身	KA	25	1	25	0.9	
人工行走3米	KA	25	3	75	2.7	
人工取中件	PB	2	30	1	30	1.1
人工转身	KA	25	1	25	0.9	
人工行走3米	KA	25	3	75	2.7	
人工取小件	AA	2	35	2	70	2.5
人工转身	KA	25	1	25	0.9	
人工行走3米	KA	25	3	75	2.7	
人工取小件	PB	2	30	2	60	2.2
手动夹紧	SA1	87.8	1	87.78	3.2	
人工行走3米	KA	25	3	75	2.7	
复位按钮	PB	30	1	30	1.1	
人工行走2米	KA	25	2	50	1.8	
Zw.-Σ				883	31.8	

图28 后地板2号工人MTM计算

通过对零件的分析,后地板锅盖的零件非常适合通过物流器具直接输送,然后通过增加视觉系统辅助,由物流人员直接上到料库。由此,通过

将2号料口改成物流器具料库,可以直接减少一名线体工人。同时,由于物流器具料库需要的调试周期相对较长,该线体依旧保留原来的2号临时上件口,可用于调试期间的临时生产,如图29。

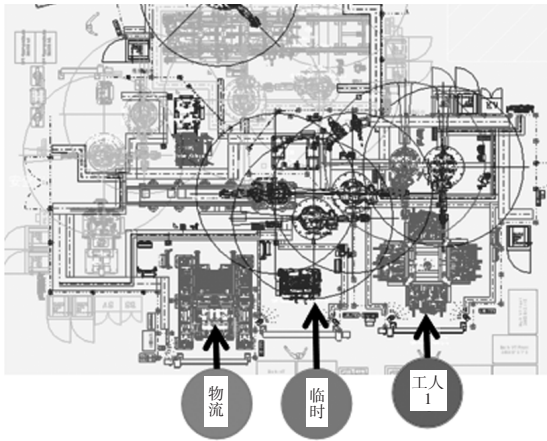


图29 后地板线体改造后方案

从线体人员上来讲,通过改造后可以将原线体2名操作工人的工作量优化成一名操作工人的工作量,为线体减少了一个常驻上件人员。

从物流方案上来讲,此处物流运输和改造前产生了一些变化。改造前物流人员只需要将器具通过叉车输送到线边即可;但改造后需要将后地板锅盖的物流器具直接送入物流器具料口,如下图30。

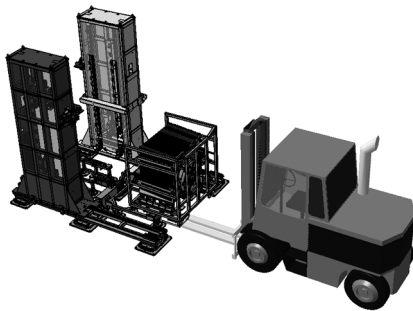


图30 叉车直接将物流器具送入料库

从成本上来讲,改造增加了一套物流器具料库,20套物流器具,却直接减少了一个线体上件工人,成本对比如表4,对线体工艺方案是极大的优化。

表4 优化前后的成本对比			
	影响变化	成本单价/元	成本总价/元
优化前	操作人员 1人	2 557 800	2 557 800
优化后	物流器具库 1套	920 000	1 004 000
	物流器具 20套	4 200	

## 6 结束语

随着以及机械视觉,各种自动化传输的逐步发展,汽车焊装线的人员数量优化逐渐成为各大主机厂的核心工作。通过MTM计算,可以清晰地看出人员实际劳动负荷,为规划工作提供了准确的数据基础。根据计算结果,可以分析出工艺方案优化的瓶颈点,使企业生产线规划处于正确的方向。

### 参考文献:

- [1] 宋青璐. MTM方法及其在装配线的应用[J]. 价值工程, 2011, 30(33): 19-20.
- [2] 虞鹏飞, 徐克林, 杨舟. MTM-UAS在现场改善时的方法研究[J]. 精密制造与自动化, 2018(2): 1-4+44.