

预定时间标准横向对比及应用性分析

卢彤

(理想汽车科技有限公司, 上海 200000)

摘要: 为使制造企业和个人能选定合适的预定时间标准方法, 提高预定时间标准方法在应用过程中的适用性和实用性, 对模特法(MOD)、方法时间测量-模块1(MTM-1)、方法时间测量-通用分析系统(MTM-UAS) 3种预定时间标准方法展开分析, 系统性对比3种方法在时间准确性、分析效率、改善支撑效果、使用门槛、应用规范性等方面的优劣性, 并对方法的选择和应用提供参考建议。

关键词: 预定时间标准 MOD MTM-1 MTM-UAS

中图分类号: F273

文献标志码: B

DOI: 10.19710/J.cnki.1003-8817.20230101

Predetermined Time Standard Parallel Comparison and Application Analysis

Lu Tong

(Li Auto Inc., Shanghai 200000)

Abstract: To enable manufacturing enterprises and individuals to choose appropriate Predetermined Time Standards methods, increase the applicability and practicality of Predetermined Time Standards methods application process, this paper analyzed the methods of Modular Arrangement of Predetermined Time Standard (MOD), Methods-Time Measurement-1 (MTM-1), Methods-Time Measurement - Universal Analysis System (MTM-UAS) in terms of time accuracy, analysis efficiency, improvement supportability effect, application threshold and application standardization, the paper also provided reference suggestions for method selection and application.

Key words: Predetermined time standard, MOD, MTM-1, MTM-UAS, Technology comparison

1 前言

预定时间标准(Predetermined Time Standards, PTS)法是一种工作衡量方法, 通过将人体动作分解为基本动作要素, 依据动作的性质和条件, 代入预先规定的时间值, 从而得出整体动作的标准时间值^[1-2]。

利用PTS方法可以建立标准时间并设计工作方法, 打造高效稳定的生产模式^[3-4]。一方面, 通过制定标准作业时间(即熟练员工在正常条件下完成作业所需要的时间)实现标准化管理, 包括作业工

位排布、生产资源需求规划、产能核算和成本报价以及效率考核评价; 另一方面, 可以在生产现场搭建之前, 通过对作业方法的规划和评价在规划阶段一次性完成工作方法设计, 包括规划和改善作业方法, 并为产品和夹具设计优化提供决策依据。

当前汽车市场竞争激烈, 越来越多的主机厂希望借助PTS方法提升效率、降低成本, 提高产品市场竞争力。但当前PTS方法众多, 不同方法之间差异较大, 本文对比了当前应用最为广泛的3种PTS方法, 分析方法的优缺点及适用性, 为PTS方法选用提供参考依据。

作者简介: 卢彤(1981—), 男, 经济师, 硕士学位, 研究方向为工业工程及精益生产。

参考文献引用格式:

卢彤. 预定时间标准横向对比及应用性分析[J]. 汽车工艺与材料, 2024(4): 32-39.

LU T. Predetermined Time Standard Parallel Comparison and Application Analysis[J]. Automobile Technology & Material, 2024(4): 32-39.

2 PTS原理简述

目前开发的PTS方法已有40多种,其中,方法时间测量(Methods-Time Measurement, MTM)和模块法(Modular Arrangement of Predetermined Time Standard, MOD)在国内应用最为广泛^[5]。MTM方法中的方法时间测量-模块1(Methods-Time Measurement-1, MTM-1)和方法时间测量-通用分析系统(Methods-Time Measurement-Universal Analysis System, MTM-UAS)最为常用。

MTM通过对大量细微动作进行研究,将作业、动作的标准要素及其时间总结为PTS方法,形成MTM基本方法,后续被定义为MTM-1,应用广泛^[6]。MTM-1将人体动作分为8种手部基本动作、2种视线动作和15种身体动作,根据动作的特征和条件共包含406种动作编码组合,并为每个动作编码赋予时间值,从而形成时值表,时值单位为TMU(Time Measurement Unit),1 TMU=0.036 s。

1970年,MTM协会针对系列生产方式,开发了MTM-UAS。UAS整合了MTM-1的基本动作,精简了分析条件,形成7个基本动作和29个动作编码组合,提升了时间分析效率^[7],因此,UAS成为当前使用最多的MTM分析模块^[8]。

MOD即模块化预定时间标准,由澳大利亚的G.C.Heyde博士在1966年创立^[9]。MOD把实际生产的人工动作归纳为21种,以最简单的手指动作作为单位时间,定义1 MOD=0.129 s,其他动作都以手指动作的整数倍表示。因此,MOD将动作编码和时间值一体化,在确定动作后不需要查询时值表就可以算出标准时值,更为简单,且精度不低于传统PTS^[10],自1985年引入国内以来,应用广泛,相关研究众多^[11]。3种方法对比如表1所示。

PTS方法对比	MTM-1	MOD	UAS
发表时间	1948年	1966年	1970年
基本动作数/个	25	13	7
动作编码数/个	406	21	29
时间测量单位	1 TMU=0.036 s	正常值 1 MOD=0.129 s	1 TMU=0.036 s

3 PTS分析实例

MTM-1、MOD、UAS的分析过程基本相同,均需定义和描述作业场景,细分基本动作,明确动作要求及条件,再赋予动作编码和时值^[12-13]。但3种方法在动作要素细分中颗粒度差异较大(表2),导致对相同作业内容细分成基本动作的粗细程度有明显差异。

以取放动作循环为例,3种方法动作分解如图1所示。MTM-1将取放动作拆解为伸手、抓握、递送、连接、松开5个基本动作,分解颗粒度最细;UAS将MTM-1基本动作整合为1个“够取和放置”基本工序,分析最为便捷;MOD介于MTM-1和UAS之间,包含够取、放置2个动作序列。

表2 PTS方法动作要素分解

动作类型	基本动作	编码	
手部基本动作	伸手	R	
	抓握	G	
	松开	RL	
	递送	M	
	连接	P	
	旋转	T	
	挤压	AP	
视线动作	分离	D	
	视线移动	ET	
MTM-1动作要素	检查	EF	
	脚步运动	FM	
	腿部运动	LM	
	侧步	SS	
	身体旋转	TBC	
	行走	W	
	弯腰	B	
	直起	AB	
	身体运动	蹲下	SS
		蹲下站起	AS
		坐下	SIT
		坐下站起	STD
		单膝跪下	KOK
		单膝跪下站起	AKOK
		双膝跪下	KBK
双膝跪下站起	AKBK		

MOD 动作要素	手指动作	M1	
	手腕动作	M2	
	移动动作	下臂动作 M3	
	上臂动作	M4	
	肩膀动作	M5	
抓取	触及	G0	
	简单抓取	G1	
	复杂抓取	G3	
放置	简单放置	P0	
	简单注意放置	P2	
	复杂注意放置	P5	
MOD 动作要素	抓取矫正	R2	
	重量修正	L1	
	加压	A4	
	旋转	C4	
	视线移动	E2	
	判断	D3	
	蹬踏	F3	
	步行	W5	
	弯腰及起身	B17	
	坐下及站起	S30	
UAS 动作要素	容易够取, 大约放置	AA	
	容易够取, 松弛放置	AB	
	容易够取, 紧密放置	AC	
	困难够取, 大约放置	AD	
	困难够取, 松弛放置	AE	
	困难够取, 紧密放置	AF	
	够取和放置	满手够取, 大约放置	AG
		>1~8 kg, 大约放置	AH
		>1~8 kg, 松弛放置	AJ
		>1~8 kg, 紧密放置	AK
		>8~22 kg, 大约放置	AL
		>8~22 kg, 松弛放置	AM
		>8~22 kg, 紧密放置	AN
	放置	大约	PA
松弛		PB	
紧密		PC	
使用辅助工具	大约	HA	
	松弛	HB	
	紧密	HC	
启动操作	单一	BA	
	组合	BB	

UAS 动作要素	一个动作	ZA
	动作次序	ZB
	动作周期	移回和一个动作 ZC
	固定和松开	ZD
	行走	KA
	身体动作	弯腰/蹲下/跪下及站起 KB
	坐下及站起	KC
	视力控制	VA

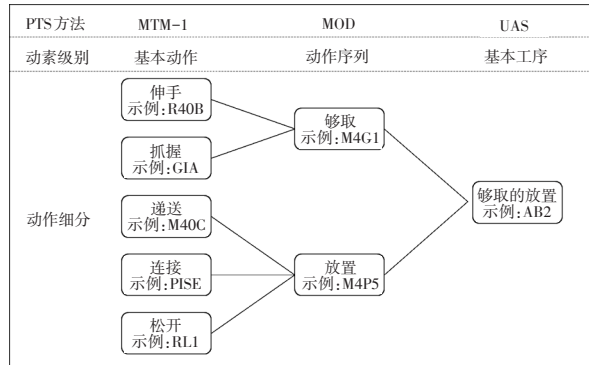


图1 PTS方法动作分解示例

结合某实际生产作业场景,分别使用3种方法制定标准时间展示方法的差异性。作业场景为典型的手工组装作业,作业内容为在产品外壳中安装2个器件,检查后再投入下一工位。3种方法制定的标准时间如表3~表5所示。

4 PTS横向对比

PTS不同方法差异较大,PTS方法的选用需要对比各方法的准确性、效率性以及改善支撑性,衡量各方法的使用门槛和应用规范性。因此,对MTM-1、UAS、MOD 3种方法的特点进行分析对比。

4.1 时间准确性对比

MTM-1、UAS、MOD的标准时间值均通过大量场景的测量数据评定得出,其标准核算在国内外不同场景均得到充分验证。结合第3节中PTS的分析实例,虽然3种方法的分析过程存在差异,但总标准时间偏差较小,3种方法制定时间与平均值差异均低于5%(表6),与相关研究分析结论吻合^[14]。

PTS方法标准时值的开发综合考虑了各种影响动作的因素,最终计算出固定的分析时间,但分析时间不可避免地与实际所需时间存在一定的偏差,即系统偏差。如MOD移动动作M4作业范围

为(30,45] cm,该范围内手部移动的分析时间为4 MOD(0.516 s),而在实际作业中,手在该距离范围内运动所需要的时间会有一些的变化,变化的需求时间与不变的分析时间之间的差异为M4动作的系统偏差。MOD和UAS在基本动作分解上比

MTM-1颗粒度更大,因此,针对单一的基本动作,MOD和UAS出现系统偏差的可能性比MTM-1更大。但系统偏差仅对单个动作或短周期动作组合有影响,随着分析时间的增加,出现的正偏差值和负偏差值可以相互抵消^[5]。

表3 MTM-1标准时间制定表

序号	左手动作	左手频次/次	左手MTM-1编码	右手MTM-1编码	右手频次/次	右手动作	时值/TMU	时间/s
1	伸手到产品外壳	1	R40B				15.6	0.56
2	拿取产品外壳	1	G1A				2	0.07
3	移动至定位夹具	1	M40C)	[R-A	1	伸手至外壳	18.5	0.67
4	调整抓握	1	G2)	G1A	1	握住外壳	2	0.07
5	放入定位夹具 (左、右手安装同一外壳)	1	P2SSE	P2SSE	1	放入定位夹具 (左、右手安装同一外壳)	19.7	0.71
6	放开外壳	1	RL1	RL1	1	放开外壳	2	0.07
7				R30B	1	伸手至器件A物料	12.8	0.46
8				G1A	1	拿取器件A物料	2	0.07
9	伸手至器件A	1	R-A]	(M30C	1	移动至安装位置	15.1	0.54
10	握住器件A	1	G1A	(G2	1	调整抓握	2	0.07
11	安装器件A (左、右手安装同一器件)	1	P2SSD	P2SSD	1	安装器件A (左、右手安装同一器件)	25.3	0.91
12	放开器件A	1	RL1	RL1	1	放开器件A	2	0.07
13				R30B	1	伸手至器件B物料	12.8	0.46
14				G1A	1	拿取器件B物料	2	0.07
15	伸手至器件B	1	R-A]	(M24B	1	移动至安装位置附近	11.8	0.42
16	握住器件B	1	G1A	(G2	1	调整抓握	2	0.07
17	移动至安装位置	1	M8C)	(M8C	1	移动至安装位置	6.9	0.25
18	调整器件B插入角度	1	T30S)	(T30S	1	调整器件B插入角度	0	0.00
19	斜插到插槽 (左、右手安装同一器件)	1	P2SSD	P2SSD	1	斜插到插槽 (左、右手安装同一器件)	25.3	0.91
20	放开器件B	1	RL1	RL1	1	放开器件B	2	0.07
21	移动至器件B另一端	1	R2B	R2B	1	移动至器件B另一端	2	0.07
22	接触器件B另一端	1	G5	G5	1	接触器件B另一端	0	0.00
23	将器件B另一端压入插槽	1	APA	APA	1	将器件B另一端压入插槽	10.6	0.38
24	离开器件B	1	RL2	RL2	1	离开器件B	0	0.00
25	伸手至安装后外壳	1	R10A	R10A	1	伸手至安装后外壳	6.1	0.22
26	握住安装后外壳	1	G1A	G1A	1	握住安装后外壳	2	0.07
27	拿出安装后外壳	1	D1E	D1E	1	拿出安装后外壳	4	0.14
28	移动安装后外壳至眼前	1	M30B)	(M30B	1	移动安装后外壳至眼前	13.3	0.48
29	调整检查角度	1	G2)	(G2	1	调整检查角度	0	0.00
30				EF	3	检查器件是否安装到位 (3个检查点)	21.9	0.79
31				ET 5/40	2	视线到下2个检查点	3.8	0.14
32	松开安装后外壳	1	RL1]	M40B	1	移动安装后外壳至滑动轨道	15.6	0.56
33				RL1	1	放到滑动轨道	2	0.07
总时间							9.47	

表4 MOD标准时间制定表

序号	左手动作	左手MOD编码	右手MOD编码	右手动作	频次/次	时值/MOD	时间/s
1	拿取产品外壳	M4G1	(BD)	(空闲)	1	5	0.65
2	将外壳放入定位夹具中	M4P5	(M3P5)	扶持外壳放入定位夹具中	1	9	1.16
3	(空闲)	(BD)	M4G1	取器件A物料	1	5	0.65
4	扶持器件A安装到外壳插槽	(M3P5)	M4P5	将器件A安装到外壳插槽	1	9	1.16
5	(空闲)	(BD)	M4G1	取器件B物料	1	5	0.65
6	扶持器件B物料斜插到外壳安装插槽	(M3P5)	M4P5	将器件B物料斜插到外壳安装插槽	1	9	1.16
7	按压器件B另一端,压入外壳插槽	M1A4	M1A4	按压器件B另一端,压入外壳插槽	1	5	0.65
8	在定位夹具中取出安装后外壳	M4G1	M4G1	在定位夹具中取出安装后外壳	1	5	0.65
9	移动安装后外壳至眼前	M4P0	M4P0	移动安装后外壳至眼前	1	4	0.52
10	检查器件是否安装到位(3个检查点)	E2D3	E2D3	检查器件是否安装到位(3个检查点)	3	5	1.94
11	(空闲)	(BD)	M4P2	将安装后外壳放入滑动轨道	1	6	0.77
总时间							9.93

表5 UAS标准时间制定表

序号	作业动作	MTM-UAS编码	频次/次	时值/TMU	时间/s
1	取产品外壳放入定位夹具中	AB2	1	45	1.62
2	取器件A物料安装到外壳插槽	AC2	1	55	1.98
3	取器件B物料斜插到外壳安装插槽	AC2	1	55	1.98
4	按压器件B另一端,压入外壳插槽	AA1	1	20	0.72
5	在定位夹具中取出安装后外壳	AA2	1	35	1.26
6	检查器件是否安装到位(3个检查点)	VA	3	45	1.62
7	将安装后外壳放入滑动轨道	PA2	1	20	0.72
总时间					9.90

表6 标准时间偏差对比表

时间偏差对比	时间/s	与平均值偏差/%
MTM-1	9.47	-3.10
UAS	9.90	1.30
MOD	9.93	1.60
平均值	9.77	

另外,以上时间准确性分析主要通过3种方法的横向比较,没有对比实测人员作业时间。由于

实测时间受人员熟练度、技能水平、努力程度等因素影响,而PTS方法制定的标准时间反映的是熟练作业人员完成指定工作要求所需要的必要时间^[8],所以实测时间与标准时间的差异只能反映当前人员作业水平的高低,实测时间比标准时间低则表示当前人员效率比标准水平高,反之则表示人员效率比平均水平低,实测时间对比标准时间的差异不能作为PTS时间准确性的评价标准。

4.2 分析效率性对比

结合第3节中PTS的分析实例,MTM-1需要对作业分解至基本动作要素,左、右手同时分析,实例中作业场景共分析动作编码57个,平均单个编码时长为0.17 s。MOD同样需要分析双手,而分析过程相对简便,共需分析动作编码18个,平均单个编码时长为0.55 s。UAS作为MTM-1的简化分析模块,整合了MTM-1的动作和编码,在3种方法中分析最精简,共有7个动作编码,平均单个编码时长为1.41 s,如表7所示。

表7 分析效率对比表

分析效率对比	MTM-1	MOD	UAS
分析编码数量/个	57	18	7
总工序时间/s	9.47	9.93	9.90
单个编码平均时间/s	0.17	0.55	1.41

PTS方法的单个编码平均时间越长,则分析过程需要分解的动作编码越少,分析人员制定标准时间的标准时间越短,分析效率越高^[8]。由此可见,在3种方法中,由于UAS分析颗粒度最大,因此分析效率最高,其次是MOD,最后是MTM-1。按本例数据推导,MOD分析效率约为MTM-1的3倍,UAS分析效率约为MTM-1的8倍。

4.3 改善支撑性对比

PTS分析过程可以识别动作改善点,以及对改善效果进行量化评估。一是可以识别并消除作业过程的动作浪费,或通过对产品、夹具设计优化缩短动作时间^[16];二是通过对比改善前和改善后的标准时间,量化改善的效果^[17]。由后文中改善示例可知,MTM-1因动作分析颗粒度更细化,在改善支撑方面更有优势,更适合分析动作的浪费点,评估改善效果。

4.3.1 降低动作等级改善

降低动作控制等级可以降低动作难度,从而缩短动作时间。如MTM-1放置间隙分为M-A、M-B、M-C、P1、P2、P3共6个等级,通过放宽放置过程间隙等级,可以缩短所需的放置时间。而UAS和MOD的放置等级区分更粗放,UAS放置等级分为大约、松弛、紧密3个等级,MOD放置等级分为P0、P2、P5 3个等级。收纳桶边缘间隙改善对放置动作的优化如图2所示,可通过MTM-1识别并评估改善效果,但使用UAS或MOD方法无法衡量。

改善前:工具和箭筒边缘的间隙为15 mm			改善后:间隙扩展到30 mm		
TMU	编码	说明	TMU	编码	说明
14.4	M28C	到箭筒	12.8	M28B	到箭筒

图2 降低配合等级改善^[16]

4.3.2 缩短动作长度改善

MTM-1方法将手部移动距离分为25个等级(每2~5 cm为1级),相对MOD的5个等级和UAS的3个等级,MTM-1能更好地识别该类型改善机会点以及衡量该类型改善的效果,如图3所示。

改善前:普通容器			改善后:零件可以从容器中滑落		
TMU	编码	说明	TMU	编码	说明
16.8	R40C	到零件	14.1	R30C	到零件
18.5	M40C	到夹具	15.1	M30C	到夹具
35.3			29.2		

图3 缩短动作长度改善^[15]

4.3.3 双手配合作业改善

只在双手难以同时作业时UAS方法才需要分析双手的动作,而MTM-1和MOD的分析过程均需要对左、右手动作进行分解。因此,MTM-1和MOD更便于识别双手配合的改善点,如图4所示,通过MTM-1进行双手同时装配的改善分析,缩短整体装配时间。

改善前:单手操作装配2个螺栓			改善后:双手操作装配2个螺栓		
编码	TMU	编码	编码	TMU	编码
	14.1	M30C			
	9.1	G4B	R30C	14.1	R30C
	15.1	M30C	G4B	9.1	G4B
	16.2	P2SE		9.1	
	2.0	RL1	M30C	15.1	M30C
	14.1	R30C		16.2	
	9.1	G4B	P2SE	16.2	P2SE
	15.1	M30C	RL1	2.0	RL1
	16.2	P2SE			
	2.0	RL1			
	113.0			81.8	

图4 双手配合作业改善^[15]

4.4 方法使用门槛对比

相比直接作业测定方法,PTS方法对使用者要求更高,需要使用者完全熟悉对应方法及规则,未完全掌握方法的使用者的分析过程可能会出现较大的误差^[2]。因此,PTS方法对于使用者有一定的要求,PTS使用者从学习、练习到能独立使用一般需要3个月以上^[5]。

PTS方法入门需要熟悉各方法的基本动作定义和应用规则,如MTM-1伸手动作包含5种情况、8种应用规则(表8、表9),而不同PTS方法学习内容的多少直接影响方法使用门槛的高低。

3种方法涉及的动作场景及规则数量如表10所示。MOD法相对简单,涉及方法内容最少,

MTM-1 动作场景归类更细,应用规则更多,相对使用门槛最高,UAS 使用门槛介于 MOD 和 MTM-1 之间。

表 8 MTM-1 伸手动作状况示例

动作等级	内容
R-A	将手伸向一个单独摆放的物体,其总是位于一个准确的固定位置上,或者另一只手已放在该物体上
R-B	将手伸向一个单独摆放的物体,其位置周期性有轻微变化
R-C	将手伸向一个物体,其与相同或类似物体混合置放在一起,从而需要挑拣出来
R-D	将手伸向一个物体,其要么很小,要么需要很准确或者小心地抓握
R-E	手摆向一个不确定的位置,以达到平衡,或者为了准备下一个动作,或者是为了将手抽离操作区

表 9 MTM-1 伸手动作应用规则示例

动作等级	内容
R-1	动作距离超过 80 cm 的时值采用外推法计算,外推法采用每 5 cm 为一个距离跳跃段
R-2	如果手指、手或者手臂的动作长度由于身体其他部位的帮助而缩短,那么缩短的距离要从总的动作距离中扣除
R-3	只有当“伸手到一个物体,该物体放在另一只手里”,而且抓握距离≤7.5 cm 时,才能按动作状况 A 进行分析,否则按动作状况 B 进行分析
R-4	只有当通过高度的练习,能将伸手的点牢牢记住,使得动作不需要视觉控制,仅靠动觉就能进行时,“伸手到一个物体,该物体一直位于一个准确的确定位置”,才能按动作状况 A 进行分析
R-5	如果从堆放或者混合放置的物体中抓取满手物体,这种伸手是一个动作状况 B 动作
R-6	如果手在动作过程中拿住某一物体,而该物体对整个动作没有任何妨碍,且在动作结束后手指仍然抓住该物体,那么就要按伸手进行分析
R-7	如果动作既具有动作状况 C 也具有动作状况 D 的典型特性,那么按动作状况 C 进行分析
R-8	如果在伸手时,改变了动作方向并出现了动作的停顿或者接近于停顿,应该分析为 2 个连续的伸手动作

表 10 PTS 动作场景及规则汇总表

场景规则汇总	动作场景数量/个	应用规则数量/个	汇总数量/个
MOD	21	23	44
UAS	29	20	49
MTM-1	62	49	111

4.5 应用规范性对比

通过 PTS 方法制定及应用标准时间需要标准

时间制定人员、工艺人员、生产人员等多个领域不同角色参与,需要在企业内部达成统一的规则。如果不同角色对制定的标准时间未达成统一意见,将影响标准时间的有效应用和推行。

针对以上问题,MTM-1 及 UAS 具有一定的优势:MTM 标准和研究协会在 1951 年成立,负责对 MTM 方法进行持续研究并提供 MTM 方法的培训认证,认证后的学员对 MTM 方法和规则有统一的认识。

MOD 方法已建立 50 多年,方法没有专门的组织进行更新,虽然当前在国内相关的文献较多,但内容中存在差异,没有统一的规范,不同企业和使用者的理解不同,存在一定的使用偏差。

4.6 横向对比概述

MTM-1、UAS、MOD 作为广泛应用的 PTS 方法,准确性都有很好的保证,在分析效率、改善支撑、使用门槛、应用规范性上,3 种方法各有优点,如表 11 所示。

表 11 PTS 方法对比汇总表

方法对比汇总	MTM-1	UAS	MOD
时间准确性	A	A-	A-
分析效率性	C	A	A
改善支撑性	A	C	C
方法使用门槛	C	B	A
应用规范性	A	A	C

注:A 为方法良好;B 为方法适中;C 为方法不佳。

5 结束语

结合以上对比分析,在 3 种方法中,MOD 简单易用,分析效率高,但对于改善点识别和支撑存在不足。若需要通过 PTS 建立标准时间,但不需要通过分析过程识别改善点,建议选择 MOD。在应用 MOD 方法前,需要在企业内部统一 MOD 应用规范。

MTM-1 以基本动作级别的动素进行分析,分析最为精细,对于改善支撑效果最优,但是标准时间制定效率较低,适用于大批量生产、生命周期长的产品。UAS 在 MTM-1 基础上进行了组合简化,很好地弥补了 MTM-1 在效率上的劣势,标准时间制定效率有很大的提升,针对生命周期短、生产批

量减少的产品有很好的适用性。UAS和MTM-1也可配合使用,如使用UAS制定标准时间,再使用MTM-1分析目标改善工序或动作,识别改善机会点。

参考文献:

- [1] 刘洪伟. 基础工业工程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019: 259.
- [2] 想田丰太郎. 生产现场最优分析法[M]. 北京: 东方出版社, 2011: 187+189.
- [3] 蔡启明, 张庆, 谢乃明, 等. 基础工业工程[M]. 第三版. 北京: 科学出版社, 2017: 134.
- [4] 陈可嘉. 工业工程实用技术[M]. 北京: 北京大学出版社, 2019: 134.
- [5] 聂喜荣, 李鹏. 预定时间标准在我国的应用现状研究[J]. 企业技术开发, 2019, 38(6): 12-15.
- [6] 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.
- [7] 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, 2018, 35(2): 128-132.
- [8] 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, 2014.
- [9] 何满辉, 郑凯. 采用MOD法的PC机组装生产线平衡改善研究[J]. 现代制造工程, 2017(7): 51-55.
- [10] 李钦奉, 朱旺成. 单元预定时间标准法在标准工时与现场生产工时中的应用[J]. 机械制造, 2016, 54(9): 85-89.
- [11] 孔宪伟, 马自勤, 程强. 基于工业工程MOD法的机械制造工时定额方法研究[J]. 机械制造, 2013, 51(4): 83-86.
- [12] 黄启恩, 张于贤, 王红, 等. 基于模特法的机加工过程优化与标准时间制定[J]. 企业科技与发展, 2013(8): 13-16.
- [13] 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.
- [14] 宋维明. 模特(MOD)法及其应用[J]. 郑州航空工业管理学院学报, 1989(2): 71-79.
- [15] MTM协会. MTM-1课程教材2019[M]. 汉堡: MTM协会出版社, 2019.
- [16] 石金涛. 预定时间系统——模特排时法的开发研究[J]. 上海交通大学学报, 1991(4): 120-123.
- [17] 柳佳琛, 吕方奎, 汪俊, 等. 基于MTM的标准工时分类与浪费识别[J]. 汽车实用技术, 2018(15): 211-213+253.