

# 汽车零部件行业柔性装配线平衡评价

■ 陈震强

**摘要:**柔性生产是20世纪70年代兴起的为适应市场需求不断变化的生产模式。由于市场需求的多样性,汽车制造业更需要实施柔性化生产模式。文章以汽车零部件行业为例,探讨了汽车零部件企业为适应整车厂柔性化生产而采用的协同柔性化生产模式,研究了其零部件柔性装配线的平衡改善目标,并总结出此类企业装配线平衡改善原则及评价方法。

**关键词:**汽车零部件;柔性化生产;装配线平衡

人类随着生产力的发展不断探索着新的生产制造模式。20世纪20年代,在管理大师泰勒“科学管理”思想的影响下,原本以手工制造为核心的制造模式向“少品种大批量”转变。美国的亨利·福特通过引进“流水线”概念,为社会带来了大批量生产模式最直接的益处,即高效生产下的大量产品以及单件产品低廉的成本。之后,随着人们对产品的需求从原始拥有向多元化丰富化转变,原本的“单件大批量”已不再能满足人们对产品的需求。为适应这种转变,多品种小批量则成为必然趋势,也只有通过这种柔性化生产模式才能降低成本、减少库存,从而更好地适应市场变化。

汽车行业对柔性化生产的需求尤为迫切。然而,根据顾客需求的快速反应和不断创新,对于象制造汽车这种生产过程相当复杂的产品的企业来说,绝不是轻而易举的事情。这需从生产线布局与平衡<sup>[1]</sup>、生产计划下达、物流信息流、零部件设计开发共用化和模块化等多个方面寻求突破。其中,为适应当今汽车行业柔性化的生产模式,汽车零部件也需要跟上柔性化的节拍,尤其是总成类、模块类零部件的制造,要由原本的分散式逐步转变为集中化柔性化生产的模式,为汽车制造厂的柔性生产提供有力支持。而在柔性生产线模式下,生产线的平衡改善就较单一生产线的平衡来得复杂。本文将针对柔性装配线的平衡展开讨论和试算。

## 1. 柔性化生产线的益处

柔性化生产线综合了物流、信息流、自动化及计算机辅助的复杂生产系统,其主要优点有:

①设备利用率较分散式高。由于柔性化生产产品随客户需求适应性强,期间的换型时间短,可长时间连续生产,故整合后的设备及生产线相当于原有的几倍。

②场地利用率提升。柔性化生产线将原本需要多条生产线才能覆盖的产品类型都集中在了一起共线生产,节约了场地空间;同时,由于生产产品的柔性化,大大减少了原本单件大批量生产模式所造成的库存占用,提高了场地利用率。

③产品质量损失风险小。柔性化的生产模式决定了多品种小批量,从而减小了由于子零件或者某些零件工艺上的问题而导致的批量事故的影响范围,在发生问题时可暂时切换生产零件的种类,规避调整,从而避免大量的质量损失。

④生产灵活性提升。柔性化生产的最大特点就在于其生产的灵活性和可变性。目前汽车市场瞬息万变,新车上市往往销量也存在波动,整车制造厂给供应商的计划都较模糊,同时零部件厂即使拿到计划,也会面临发生临时改变的情况,所以生产的灵活性可变性成为了最为重要的特性。

## 2. 生产线平衡概念与评价方法

生产线平衡就是通过调整作业负荷对生产线的各工序平均化,使得作业时间尽可能相近的方法,是生产流程设计及作业标准化中最重要的方法体系。

目前,对于生产线平衡问题的研究主要分为以下两种类型<sup>[2]</sup>:

第一种平衡类型是给定生产线的工作站数,求最小的生产线节拍,即设备与人员基本固定,需要优化生产线的节拍。因为在工作站数确定的条件下,最小化生产线的节拍可以提高生产线单位时间内的产出,主要是保证设备和人员利用率最高,生产等待时间最少。

第二种平衡类型是给定生产线的生产节拍,求最小工作站数,即根据对市场需求的预测、设备能力的估算,求最小化工作站数。通常应用在生产线设计和安装阶段,主要是综合考虑设备、人员、工作场地等因素,在生产能力满足市场需求的前提下保证资金投入最少和生产线的效率最高。最小化工作站意味着设备与人员的减少,从而可以降低设备与人员的费用,缩短生产流程,提高生产效率。

在对生产线平衡改善的同时,需要对改善效果进行评价。生产线平衡是衡量生产线工序水平的重要指标之一,生产平衡率越高,则产线发挥的效能越大<sup>[3]</sup>。

$$\text{生产线平衡率} = [\sum CT / (CT_{\text{瓶颈}} \times \text{工序数})] \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{平衡损失率} = 1 - \text{生产线平衡率}$$

其中CT为各工序标准工时;CT<sub>瓶颈</sub>为生产线工序中最大标准工时,即生产线节拍。

一般认为:

当平衡损失率 $\leq 10\%$ 时,生产线平衡评价为优秀;

当平衡损失率 $>10\%$ 且 $<20\%$ 时,生产线平衡评价为良;

当平衡损失率 $\geq 20\%$ 时,生产线平衡评价为差。

综上,为了效率的提升,需要寻求改善生产线平衡率,

尽可能寻求最低的平衡损失率,以达到高效生产线的目的。

### 3. 柔性化生产线平衡的特点及难点

柔性化生产线的平衡问题较一般生产线有所不同,其最主要的是单一产品生产线只需要研究单一产品在每个工位的操作时间,而柔性化混线生产线则要考虑多种产品在各个工位的不同操作时间,从而根据实际产品分部情况综合计算。其特点及难点如下:

#### (1) 确定产品混合比。

一般汽车行业整车厂都会给予零部件厂商各个车型的混合比情况,即各车型的平均需求比值关系。这在计算柔性生产线平衡时需要将比值权重附加到标准作业件上去,精确掌握此混合比对零部件企业柔性生产线的设计和改进行起到至关重要的作用。

#### (2) 精确测定各个产品在不同工位的操作时间。

在柔性生产线上的标准工时测定,要充分考虑到由于不同产品操作工时的差异而导致的连带多余时间。通俗地讲,当一个车型零件的操作动作较长,往往会导致开始下一个车型的零件装配前增加多余的走动动作。在标准时间测定时应做明确划分,避免混淆。

#### (3) 掌握更多的判断依据以协助决策。

当各个车型需要做平衡改善时,难免会面临对不同类型零件的权重评价。掌握更多的诸如价格、总产量、要货周期、质量优先级等的信息。这将有助于分析权重,在必要时帮助作出正确决策。

#### (4) 减少和避免意外停机,确保产品质量稳定。

可以想象,当多个产品共线生产时都会带来生产、工艺、质量稳定性问题,需要有效解决柔性工装,避免附件错装、物料供应停滞等问题,往往在柔性线上需要安排机动人员,以确保对突发事件的快速响应。

由于以上原因,在柔性化生产线的平衡与改善时,需要考虑工艺、物流、质量、生产等多个维度,确定方案,以确保柔性化的有效实施。

### 4. 柔性化生产线平衡的计算试例

以汽车零部件企业装配线为例,一般整车制造厂都会给定一些必要的产品需求,如产量节拍、混合比等。以下以试例说明多车型零件装配线平衡的设置。

A企业的汽车总成零件生产共有A、B、C三种不同类型的零件共线装配,其所占比例分别为a%、b%、c%。整车厂目前的线速度P为50JPH(Jobs per Hour),A企业生产时间与整车厂相对应,为避免意外情况导致整车厂发生停线,A企业线速度Q为60JPH,即节拍为60s。工位标准时间如表1。

假设T1即为瓶颈工位,则流水线节拍即为T2。

故在多产品柔性化生产线平衡时,应将各产品的混合比计算在内综合考虑。但为了避免出现单一产品不平衡现象,实际运用中还必须掌握以下原则:

①在计算加权平衡前,应先对每个产品进行生产线平衡的改善,力求基本达到优良平衡水平。

②各个产品的工位操作时间应尽可能满足流水线节拍要求,避免出现某产品在某些工位大大超出节拍时间的情况发生。

表1 工位标准时间

		工位1	工位2	工位3	工位...	工位n
测量节拍时间	A产品	T1 <sub>a</sub>	T2 <sub>a</sub>	T3 <sub>a</sub>	...	Tn <sub>a</sub>
	B产品	T1 <sub>b</sub>	T2 <sub>b</sub>	T3 <sub>b</sub>	...	Tn <sub>b</sub>
	C产品	T1 <sub>c</sub>	T2 <sub>c</sub>	T3 <sub>c</sub>	...	Tn <sub>c</sub>
加权工时		$T1 = T1_a \times a\% + T1_b \times b\% + T1_c \times c\%$	$T2 = T2_a \times a\% + T2_b \times b\% + T2_c \times c\%$	$T3 = T3_a \times a\% + T3_b \times b\% + T3_c \times c\%$	...	$Tn = Tn_a \times a\% + Tn_b \times b\% + Tn_c \times c\%$

③对于无法做到所有产品满足流水线节拍要求,即出现某些产品需较长时间的情况时,合理安排足够的机动人员,以避免流水线停线;

④根据可能发生的停线等问题,配备必要的缓冲库存。一旦发现机器或质量异常时,最直接的处理方法就是停机,这样可避免生产大量次品导致的浪费。但当停线发生时,尤其当事故发生在瓶颈工序时,一定要组织一切力量第一时间快速响应,解决问题恢复生产。

根据以上几点可知,为更好地控制生产、质量状态,对于此类流水线要安排机动人员,以确保流水线正常运转,但机动人员也不是越多越好。

可通过以下方法评价整体的流水线效率。

有了以上的评价指标,对装配线的改善即可有目标的开展。根据以上计算结果,所要做的生产线平衡改善立足点可从两方面着手。

①对于单个产品,要以瓶颈工位作为切入点,通过程序分析、动作分析等IE手法改善<sup>[9]</sup>。

②影响整体流水线效率的因素更加综合,除了流水线排布外,各种原因影响的停线、返修等都会影响到流水线效率,可通过时间分析找到具体损失发生点,分析原因,进行改进。

至此,在试例中兼顾柔性化的同时,也考虑了多产品的影响,并为可能带来的停线隐患预留了机动响应处理方法。

### 5. 结束语

本文概述了柔性化生产线这一当今流行的制造业生产模式,以汽车零部件行业装配线为例,探讨了生产线平衡的计算方法,提出了针对柔性化多品种生产装配线的平衡问题需要特别考虑的问题点,并以试例加以阐述,最终归纳总结了此类柔性化生产线平衡问题的评价方法及改善原则,对于多品种柔性生产线下的企业的效率提升和精益制造推广具有普遍的借鉴意义。

### 参考文献

- [1]杨召凯.生产加工车间的布局及生产线平衡研究[D].北京工业大学,2007.
- [2]Steven Nahmias.Production and operations analysis [M].北京:清华大学出版社,2003:456-458.
- [3]刘晋浩,侯东亮.装配线平衡问题的求解方法浅析[J].森林工程,2006,22(4):21-23.
- [4]吴晓艳.装配生产线平衡的研究[D].上海交通大学,2007.
- [5]高广章.生产线的平衡及优化方法研究[D].吉林大学,2004.

(编辑:王遐)