

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.04.014

# 基于单元化的“一个流”生产方式的应用分析

张世良<sup>1</sup>, 邹筱<sup>1,2</sup>

(1. 湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007; 2. 中南大学 商学院, 湖南 长沙 410083)

**摘要:** 以A公司壳体部件生产为例, 将单元化生产与“一个流”生产方式相结合, 设计单元化的班组模式。选择功能简单、小型化的生产设备, 并将六轴成直线型排列, 将清洗—碰焊—滚丝布置成U型布局, 在六轴至清洗机之间采用输送带输送的传动方式, 在清洗、碰焊和滚丝各工序之间分别使用提升机进行连接。在“一个流”单元生产中, 需要同时考虑设备产能的平衡及单元化成员工作效率的平衡。“一个流”生产模式可减少在制品的存储数量, 提高生产效率, 但也面临在制品检测、小批量产品的换线换模、“多面手”的培养等问题, 需在实践中进一步完善。

**关键词:** 单元化; “一个流”生产方式; 在制品; U型布局

中图分类号: F273

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)04-0059-05

## The Application Analysis of “One-Piece Flow” Cell Production Mode

Zhang Shiliang<sup>1</sup>, Zou Xiao<sup>1,2</sup>

(1. Business School, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Business School, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** With the housing parts production of Company A as an example, combines unit production with one piece flow production and designs team unit mode. Chooses a simple miniaturized production equipment and puts six-axis in a line; Sets cleaning-welding-rolling equipments into a U-shaped layout; Uses conveyor belt transport between six-axis and cleaning machine and a hoist to link the process of cleaning-welding-rolling; In one piece flow production unit, considers the balance of the device productivity and the balance of unit members working efficiency. Though the production mode reduces the stock of semi-manufactured goods and improves production efficiency, it exists problems of work in process quality detecting, small lot production retooling and versatile workers cultivating, and it needs to be further improved in practice.

**Keywords:** cell production; one-piece flow production mode; work in process; “U-shaped” layout

### 1 研究背景

单元化生产 (cell production) 也称细胞式生产, 是由日本 IE 专家山田日登志在精益生产方式的基础

上提出的一种新的生产方式, 这种方式是由少数“多面手”组成生产小组并完成工序相对完整的作业的生产过程。单元化生产是将一条生产能力较高的大型生产线分解成若干条生产能力较低的小型生产

收稿日期: 2012-06-04

基金项目: 湖南省软科学基金资助项目 (2011ZK3031), 湖南省社会科学基金资助项目 (11YBA099), 湖南工业大学科学研究基金资助项目 (2011HSX18)

作者简介: 张世良 (1988-), 男, 江西兴国人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为生产物流与工业工程,

E-mail: zhangshiliang1988@163.com

线,以增强生产运作的灵活性,解决生产能力平衡与布局流程优化的问题。“一个流”生产方式(One piece flow)是日本企业于20世纪70年代在准时制生产方式的基础上提出来的,是对传统生产观念的根本性变革。“一个流”就是在规划生产线时禁止大批量流水作业,而以“一”为单位的灵活机动的流水作业取代,使在生产过程中以最小单位的在制品(work in process, WIP)流动,其主要目的是削减在制品在机器旁或工序间的停顿与存储<sup>[1-2]</sup>。

单元化生产是在传统流水线生产方式上改进而成的,适应多品种小批量的市场需要,能缩短产品交货期,提高生产灵活性。刘震等<sup>[3]</sup>认为单元化生产有利于减少在制品的库存,有利于激励员工业绩与培育员工技能。喻超等<sup>[4]</sup>认为单元化生产可克服流水式生产的缺陷,对于多品种的小批量订单也能组织高效率、集约化的生产,且节约生产空间,还能灵活布局。“一个流”生产是在大规模流程化生产方式上改进而来的。刘胜军<sup>[5]</sup>认为:虽然单元化生产与“一个流”生产名称不一样,但通过日本大型电子企业的实施经验来看,两者的设计思维都是为了压缩库存和缩短交货期。相对于批量化生产,“一个流”生产在流程设计上应尽量拉近设备之间的距离。汪凯<sup>[6]</sup>认为设置“一个流”生产方式可将邻近的各道工序衔接起来,前一道工序的在制品出料口就是下一道工序的进料口,工序间的在制品搬运距离应降至最小。唐自玉等<sup>[7]</sup>设计了U型及C型的生产线,实现了物料移动距离最短。规划合理的“一个流”生产布局,可减少在制品在生产过程中的停顿,加快在制品的周转速度,缩短产品的生产周期。

单元式生产与“一个流”生产在班组建设、设施布置、提高生产效率等方面存在一致性,在多品种、小批量的生产要求下,将两者有机结合起来,消除在制品在生产过程中的存储与搬运,产品生产实现单件生产、单件流动,可缩短产品交付期,降低产品生产成本,提高企业的生产效率。

## 2 A公司壳体生产现状分析

A公司是我国一家著名的汽车配件制造企业,产品在细分市场占有较高。面对激烈的市场环境和客户需求的多样化,其订单呈现出多品种、批量不一的情况,其主要部件——壳体的生产计划面临巨大压力。壳体生产过程中,每个产品系列对应生产模具差别较大,更换产品品种时换模时间较长,往往出现订单不能准时交付的情况,因此,每道工序

完工后需要建立一定数量的安全库存,以缓解因瓶颈工序产能不足而造成的后续工序停工待料的困局。壳体生产由六轴、清洗、碰焊与滚丝4道工序组成,各工序设备按产品工艺原则布置。车间辅助人员将毛坯配送至六轴区域,六轴工序完工后产品送入六轴仓库,进行质量检测、调度及计量,然后转入清洗区。清洗后,经生产调度分配至碰焊工序各机台,工序间转运由车间辅助人员完成。在此过程中,在制品的周转可能出现物流路线交叉等不合理现象。工序间按工艺原则布置,各设备形成“孤岛”,需不断进行搬运,增加人力成本,且搬运过程中容易产生产品取错、损伤等人为失误。各工序的生产能力见表1。

表1 壳体各加工设备产能统计表

Table 1 Production capacity of each equipment of housing parts

设备	节拍			
	每小时产能/ 万个	每月产能/ 万个	操作工/ (人·台 <sup>-1</sup> )	
六轴	I型	0.102	23.46	0.5
	II型	0.180	38.64	0.5
清洗机		0.360	90.00	0.5
碰焊		0.294	88.20	0.5
滚丝机	I型	0.300	75.00	0.5
	II型	1.500	262.50	1.0

根据企业资源计划(enterprise resource planning, ERP)对2011年1月至2012年6月共18个月的壳体生产数量统计,经过P-Q分析,初步选定13个系列中月产量约为150万个的D系列产品,设置单元化的“一个流”生产。D系列每月在上述4道工序中搬运当量物流量及相关费用见表2。

表2 壳体D系列物料搬运量统计表

Table 2 Statistical table of material transport of D series

流程	项目				
	质量/ t	距离/ m	当量物流量/ (t·m <sup>-1</sup> )	搬运 方式	物流费用/ 元
六轴— 六轴仓库	15	30	450	叉车	135
六轴仓库— 清洗区	15	20	300	叉车	90
清洗区— 碰焊	14	30	420	叉车	126
碰焊— 滚丝	15	10	160	手拖车	48

表2中,叉车搬运0.4 t/次,手拖车搬运0.2 t/次,物流费用指当量物流量乘以上个会计月度核算的车间制造费用计提的物流综合成本单价(0.3元·t/m)。由表2中的统计数据计算可知,壳体D系列在

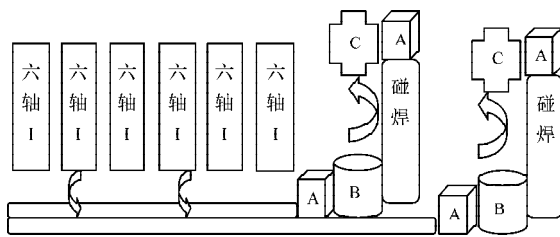
制品每月搬运的次数(物料质量/每次搬运的质量)为185次,搬运的距离(距离×物料总质量/每次搬运的质量)之和为3 750 m,搬运用费用(物料当量×物流综合成本单价)之和为399元,而搬运装卸及搬运延误时间的成本无法准确计算。

### 3 D系列壳体“一个流”方案

“一个流”生产的目的是取消生产过程中出现的在制品停顿与存储,改变传统生产方式的大批量流转、流水生产线作业,以单件流动取代批量流转,使在制品真正“流动”起来,实现单件生产、单件流动,能灵活处理多品种小批量订单的生产计划。单元化的“一个流”生产方式,将相邻工序合并或取消,将一个或少数几个工人设置成一个小单元,将不同品种按计划产量与实际产能匹配分至各单元班组。

#### 3.1 设备选择与布局设计

在设备选择时,“一个流”生产方式要求选择一些功能简单、小型化的设备,一方面要考虑工人的技能水平,让技能水平较低的员工经过简单培训后也能操作设备,作业标准化难度较低,可缓解企业因工人流动大而带来的压力;另一方面选择简单、小型化的设备,产品换线时只需更换少数零部件即可完成换模,布置时也灵活方便,占地少,节约空间。设备之间依据生产制程布置,可减少或杜绝生产过程中在制品的迂回流转,让在制品流动的路程最短。根据A公司现有设备情况,D系列壳体“一个流”方案对4道工序的设备选择依次为:六轴I型(6台)—清洗机(2台,新购置小型机)—碰焊(2台)—滚丝(2台),设计的产能为150万个/月;生产线总长为37 m,宽7 m。考虑车间面积的限制,将六轴成直线型排列,将清洗—碰焊—滚丝按生产制程布置成U型的2个平行小单元,使清洗机的进料口与滚丝的出料口在同一个方向,工人在2个小单元内独立完成各自单元的全部作业。设备的摆列如图1所示。



A—提升机; B—清洗设备; C—滚丝机

图1 D系列壳体“一个流”生产设备布局示意图

Fig. 1 Layout diagram of one-piece flow production equipment of D series

#### 3.2 生产物流设计

“一个流”生产的寓意“流”,就是要使生产过程中的在制品像水一样流动起来。“一个流”生产方式要求设备之间的间隙尽量小,尽量减少操作工在生产过程中进行设备的搬运,以减少生产过程中因搬运而造成的浪费。为了实现单件流动与在制品不落地的原则,在六轴至清洗机之间采用输送带输送的传动方式,这样可减少车间辅助人员的作业量,在清洗、碰焊和滚丝各工序之间分别用提升机进行连接,前一道工序的出口即为后一道工序的投料口,将工序之间的搬运距离降至最小。

D系列壳体“一个流”方案实施后,单元机组内的操作员只需完成六轴前的投料与出料口至输送带的转运。投料过程是由车间辅助人员将壳体毛坯转运至六轴提升机旁,在提升机旁放置一个作业台,将壳体毛坯的料箱放在该作业台上,料箱下方设置一个阀门,操作员定期打开料箱阀门即可将毛坯流入提升机进料口,完成六轴的投料作业。六轴的出料过程是在设备出料口放置一个容器,容器盛满时,操作员将其倒入输送带即可转入清洗机前的提升机进料口。清洗机的出料口连接碰焊工序的提升机,实现单件流动的自动投料,无需人工作业。碰焊工序完成后,按同样方法转入滚丝设备前的提升机即可,滚丝工序完成后用较大容器存储,转入另一车间进行后续加工。“一个流”生产方式的物流设计消除了制品在生产过程中的存储与搬运,使在制品流动起来,缩短了产品的交付期。“一个流”生产的物流设计如图2所示。

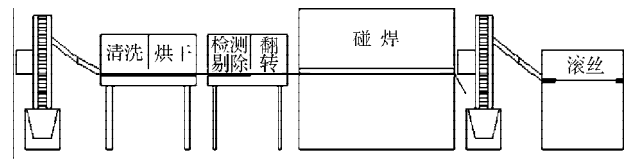


图2 “一个流”生产物流示意图

Fig. 2 Process diagram of one-piece flow production

#### 3.3 生产线平衡设计

根据美国管理学家彼得的“木桶定律”,构成组织的各个部分往往是优劣不齐的,而劣势部分往往决定整个组织的水平。在设置单元生产与“一个流”生产时需要注意:决定生产线速度的不是生产效率较高的工位,而是生产效率最低的工位。因此,在“一个流”生产过程中,要消除瓶颈工序,才能提高整体效率,而瓶颈工序又分为设备产能的瓶颈和工人效率的瓶颈,提高“一个流”单元班组的整体生产效率,就需要消除这两方面的瓶颈。

根据现有设备的运转情况,选择了六轴I型(6台)—清洗机(2台,新购置小型机)—碰焊(2台)—滚丝(2台)作为一个单元,组建“一个流”生产班组,其中,各道工序的节拍约为50个/min,差异率控制在2%之内。在这个单元化的流水线内,碰焊设备的节拍为49个/min,比后一道工序慢2%,可将滚丝工序中增加在制品检测的作业,以减少工序间的等待。“一个流”生产线中某个成员高效率的作业对整个单元生产效率提升没有任何作用,但是,某个成员的低效率作业势必影响整个单元的生产效率。因此,“一个流”单元生产中,不仅要考虑设备产能的平衡,也要考虑单元化成员工作效率的平衡,这就提高了对员工的要求。

在单元化的“一个流”生产中,工人不再固定工位,而是采取走动、巡回的作业方式,要求相邻工位间的工人相互帮助、相互提高,以提高单元班组的生产效率。

#### 3.4 单元化班组设计

亚当·斯密的劳动分工理论强调将劳动过程进行细分,将生产过程分解为若干工序,然后由操作工分工完成。福特汽车于20世纪初期实行的汽车流水线作业,在一定时期内形成了规模效应,而且能有效地降低单件产品的生产周期及单位成本。客户需求个性化后,大规模批量流水作业方式已经无法满足小批量订单的要求。瑞典的富豪车厂运用单元化生产方式,将汽车的总装作业分成十几个小组在车身静态下完成。单元化生产方式在类似体积大、质量大的单件产品生产中,可以减少在制品的流动。单元化的“一个流”生产方式改变了传统批量流水式作业方法,生产线的员工需要能独立完成一项以上的作业,不再是明确的专业化分工方式。D系列壳体“一个流”方案设计时充分考虑单个产品体积小及生产工序的特点,将单元化生产与“一个流”生产方式相结合。

传统的生产方式中,专业化分工较细,能迅速提高新员工的熟练程度,作业效率得到提高,但难以做到工序间的平衡,会导致在制品积压严重,长期从事同一专业化分工下的员工也易厌倦,不利于提高员工的生产积极性。单元化生产要求班组成员能完成一项以上的作业,减少了由于分工明确而导致的岗位林立及庞大的工人数量,单元化生产的工序由一人或少数几人承担,责任明确,优劣有别,能增强单元班组成员的成就感和责任感<sup>[8]</sup>,避免了分工过细带来的协调问题,也有利于实施目标管理,提高劳动效率。

“一个流”生产的目的是减少生产过程中在制品的存储与搬运,实行单元化班组后,可在班组内的一个或少数几个工人之间实现单件产品生产、单件产品流动,不需要建立在制品库存。在多品种小批量的生产情况下,将原来大规模的流水化生产线,分割成数个小单元化的“一个流”生产班组,可以实现多品种的并行生产,减少了因产品换线而造成等待的浪费。

## 4 方案评价

D系列壳体“一个流”生产实施后,其壳体成品单位生产成本由原来的5 000元/万个降至3 500元/万个,将原来六轴工序后的临时仓库取消了,减少了这个仓库出入库及库房管理的过程,使D系列壳体的生产周期由5 d降至2 d。在工人的工作效率提升方面,由原来需要6人到现在只需4人,工作效率得到了极大的提高。

“一个流”生产方式在实施过程中存在以下几个问题:

1) 在制品的检测问题。原来单个工序逐批次流转时,每道工序完工入库存储时都要经过质检员的挑选,将上一道工序中产生的不合格品即时剔除,上一道工序为下一道工序提供合格的半成品,以免后续工序的生产浪费。实行“一个流”生产后,质量检测工作转变为在线检测,主要通过统计过程控制(statistical process control, SPC)来实施,在线检测方式提高了对质检员的技术要求。

2) 小批量产品的换线、换模问题。A公司生产的产品共有13个系列,各系列之间模具部件差别较大,更换时间较长。设备按工序布置时,单个工序完成后即可将在制品临时储存而不耽误后一道工序的生产;设备按“一个流”生产方式布置时,需要等前一批次完成所有作业后才可换线生产,这样会造成一定程度上设备的闲置。

3) “多面手”培养的压力。壳体的瓶颈工序为碰焊,而培养一个合格的碰焊工人需要半年至1年的时间。按目前劳动分工化需安排碰焊工人10人,实行单元式生产后,需要培训10个碰焊工人,对当前的生产计划将造成较大的压力。

相对于传统的生产模式,D系列壳体单元化的“一个流”生产方式在整体上提高了企业的生产效率,缩短了产品的生产周期,但在产品的生产过程中,还应努力改善以上问题,以更好地完善“一个流”生产方式。

## 5 结语

传统的流水线生产方式以规模效应追求市场占有率,在大批量、少品种的市场环境下具有较明显的优势,然而,在客户个性化需求、产品细分的市场环境下显得力不从心。“一个流”生产模式能较好地解决传统生产线中存在的问题,可减少生产等待时间,缩短生产周期,减少在制品的存储数量,还可减少生产工位及工人数量,提高生产效率。企业在实施生产、组织变革时,应根据自身产品的理化特征与生产能力,灵活设置生产单元与“一个流”生产方式,以寻求最优的生产组织形式。

### 参考文献:

- [1] 张玉宾.精益生产在TFT制造业BEOL段的应用研究[D].长春:吉林大学,2011.  
Zhang Yubin. The Study and Application of Lean Production in the TFT BEOL Process[D]. Changchun: Jilin University, 2011.
- [2] 舒斯雄. F公司R产品生产价值流研究[D]. 兰州大学, 2012.  
Shu Sixiong. R Production of F Company Process Value Stream Study[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2012.
- [3] 刘震,杨秀斌,王建立,等.单元化生产方式及评价方法研究[J].工业工程与管理,2009,14(6):120-123.  
Liu Zhen, Yang Xiubin, Wang Jianli, et al. Research on the Cell Production System and Evaluation Methods[J]. Industrial Engineering and Management, 2009, 14(6): 120-123.
- [4] 喻超,赵希男.单元式生产方式分析及对策研究[J].工业工程与管理,2006,11(3):96-100.  
Yu Chao, Zhao Xinan. The Analysis of Cell Line Production Mode and Countermeasure Research[J]. Industrial Engineering and Management, 2006, 11(3): 96-100.
- [5] 刘胜军.精益“一个流”单元生产[M].深圳:海天出版社,2009:33-34.  
Liu Shengjun. One-Piece Flow Cell Production[M]. Shenzhen: Haitian Publishing House, 2009: 33-34.
- [6] 汪凯.基于精益生产的“一个流”和生产线平衡的研究[J].企业技术开发,2009,28(8):135-136.  
Wang Kai. Lean Production-Based “One-Flow” and Balanced Study of the Production Line[J]. Technological Development of Enterprise, 2009, 28(8): 135-136.
- [7] 唐自玉,朱华炳,刘光复,等.基于“一个流”模式的车间生产线改善设计[J].组合机床与自动化技术,2009(1):105-109.  
Tang Ziyu, Zhu Huabing, Liu Guangfu, et al. Improved Design of Workshop Production Line Based on “One-Piece Flow” Mode[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2009(1): 105-109.
- [8] 俞晓军.细胞式生产在日本的新发展[J].东北亚论坛,2008(3):96-101.  
Yu Xiaojun. New Development in Cell Manufacturing Systems in Japan[J]. Northeast Asia Forum, 2008(3): 96-101.

(责任编辑:徐海燕)