

# 汽车零部件生产物流中物料上线方式选择研究

孙林辉<sup>1</sup>, 吕莹<sup>1</sup>, 张伟<sup>2</sup>, 吴安波<sup>1</sup>, 吴轲<sup>3</sup>, 刘尧川<sup>3</sup>

(1.西安科技大学 管理学院, 西安 710054; 2.清华大学 工业工程系, 北京 100084;  
3.联合汽车电子有限公司, 西安 710075)

**摘要:** **目的** 为了降低拉动系统中的线边物料配送成本, 提高内部物流供应效率。**方法** 首先, 运用 ABC-XYZ 分析矩阵法, 根据产品特性、存储成本、周期需求量、生产节拍等生产物流参数, 确定出高量物料和低量物料; 其次, 分别对 2 种配送方式下的成本指标进行分解, 建立不同上料模式产生的物流成本模型; 最终, 以物料消耗量和配送成本为原则, 设计出合理的配送物料和看板物料的选择方式, 并以 LD 公司为例对该选择逻辑进行验证。**结果** 重新调整了 EKP 产品物料的上线方式, 使样例中的 13 种物料配送成本减少了 489.09 元, 总物料配送成本减少了 7013.63 元。**结论** 研究结果对生产制造企业提高仓库对产线的响应速度, 缩短产品周期, 降低物料配送成本具有参考意义。

**关键词:** 汽车零部件生产物流; 物料上线模式; 线边超市; 选择逻辑

**中图分类号:** F273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)09-0127-08

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.09.021

## Material Shipping-to-line Mode Selection for Automobiles Parts Production Logistics

SUN Lin-hui<sup>1</sup>, LYU Ying<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>2</sup>, WU An-bo<sup>1</sup>, WU Ke<sup>3</sup>, LIU Yao-chuan<sup>3</sup>

(1.Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China; 2.Department of Industrial Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 3.United Automotive Electronic Systems Co., Ltd., Xi'an 710075, China)

**ABSTRACT:** The work aims to reduce the line-side material distribution cost in the pull system and improve the internal logistic supply efficiency. Firstly, the ABC-XYZ analysis matrix method was used to determine high-runner material and exotics material based on product characteristics, storage costs, cycle demand, production cycle and other production logistics parameters. Secondly, the cost indicators under the two delivery modes were analyzed to establish the logistics costs model for different shipping-to-line modes; Finally, based on the consumption and distribution costs, a reasonable selection mode of material distribution and Kanban material was designed and the selection logic was verified by taking the LD company as an example. The shipping-to-line mode of EKP material was readjusted, the distribution cost of the 13 sample materials was reduced by RMB489.09 and the total material distribution cost was reduced by RMB7013.63. The results of the research have reference significance for manufacturersto improve the response speed of warehouse to production lines, shorten product cycle and reduce material distribution costs.

**KEY WORDS:** automobile components production logistics; material on-line mode; assemble line supermarket; selection logic

随着精益生产理念在制造业中的普及, 准时制 (Just In Time, JIT) 物料供应方式已经广泛应用到生产制造企业, 在物料配送和库存控制中发挥着重要作用。

当前, 零部件生产需求呈现个性化、多样化的态势, 产线换模频次增加给生产物流配送带来极大挑战, 为实现及时供应, 物料超市应运而生。在实际运

收稿日期: 2018-11-28

基金项目: 国家自然科学基金 (71673220); 西安科技大学哲学社会科学繁荣发展计划 (2014SY01, 2017SY12, 2018SZ02)

作者简介: 孙林辉 (1977—), 男, 博士, 西安科技大学副教授, 主要研究方向为工业工程、人因工程、电子商务。

行中发现,由于产品特性、生产计划均衡性、配送策略等因素影响,并非所有的物料都适合JIT方式下的拉动上线模式,并且有限的线边库存面积也不足以支持所有物料建立线边物料超市进行拉动生产。

国外学者对物料超市的研究较早,理论与应用已经较为成熟。Golz研究了物料超市操作人员的数量和每个操作员负责装配线的数量,以及在超市中的活动路径<sup>[1]</sup>。Maurizio Faccio认为超市是分散存储的区域,通常是装配线在生产系统所需部件的中间仓库,提供了一个专用于复杂的多个混合模型装配线的超市和补给系统,并提出了一个长期(静态分析模型)和短期(动态模拟)问题的全面解决方法<sup>[2]</sup>。Boysen N针对线边物料超市的配送调度问题进行了研究,基于准时化的顺序供应(Just In Sequence, JIS)的配送模式,运用启发式算法进行求解<sup>[3]</sup>。Mohammed Alnahhal为尽量减少系统的运输和库存固定成本,首次考虑了车间内的超市位置和超市容量,并使用整数规划模型和实数遗传算法(Real-coded genetic algorithm, RGA)研究了混流生产线中线边物流超市的具体数量和位置分布问题,结果表明RGA在此类问题的解决上性能非常好<sup>[4]</sup>。国内研究者对线边超市的研究较晚,但也取得了丰硕的成果。周炳海等以成本最小化为目标建立数学模型,将物料配送分解成2个子问题:送料工人与工位的分配问题和送料工人的周期性配送时间间隔,并用改进型和声搜索算法进行求解<sup>[5]</sup>。蓝贞贞运用约束理论(Theory of Constraints, TOC)管理法对线边物料进行瓶颈识别,根据物料的变异系数(Coefficient of Variation, VO)金额和需求数量占比将物料划分成2类,并匹配相应的供给模式<sup>[6]</sup>。李加玲针对生产车间物料需求的不确定性这一现象,研究了以配送时间最短为目标的生产物料配送调度问题,并用遗传算法进行求解<sup>[7]</sup>。

学者们对于物料上线模式的已有研究多注重物料在生产过程中的运作方式,如信号传递,物料控制,物料配送路径等,但少有涉及到在生产开始之前,物料供应的前期构架设计,即在总物流配送成本最小下,如何选择物料的上线模式,因此,文中以减少生产线边物料超市占有面积,提高总体物料上线效率为目标,设计出物料上线模式分类逻辑,明确何种物料适合看板(线边超市)模式,何种物料适合配送模式,依此定期调整线边超市零件种类以及所配送零件的上线模式,确保零件的界定清晰;针对部分模糊物料,建立不同上料模式产生的物流成本模型,使总生产物流中物料上线成本最低。

## 1 看板物料和配送物料运作模式

在先进计算机技术的辅助下,拉动系统根据产线

消耗状态扫描看板,可实时触发物料需求进入物料管理系统,如企业管理解决方案软件(System Applications and Products, SAP),企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)等。企业为支持准时化生产系统的全面实施,通常将看板与超市结合,降低库存,加速流动。

看板拉动的物料即线边超市物料,简称KANBAN料(KANBAN parts),是仓库至产线的缓冲节点<sup>[8-9]</sup>,是在物料供应和物料消耗之间储存零件的区域。其存储量介于该物料的最大库存和最小库存之间,根据产线的需求节拍、物料提前期,结合每个周转箱中零件的标准数量(Standard Number of Packing, SNP)计算出每个零件的看板数量,即产线消耗线边超市,线边超市物料通过看板传递拉动仓库超市,将原材料物料传送到线边的物料上线模式。

仓库对产线主动配送的物料即为配送物料(Make to order parts, MTO),简称MTO,也就是传统的根据产线的生产计划,结合成品的物料清单(Bill of Material, BOM)计算出产线需求的原材料零件的需求数量,并按照每条产线的需求,对产线通过循环取货(Milkrun)模式将配好的物料从仓库运送到产线的上线模式。

在企业实际操作中,生产是否均衡是选择物料上线模式的一个重要影响因素,随着制造业服务化转型,客户的需求趋于定制化,多品种小批量生产模式应运而生,需求不确定性风险大大增加。一部分产品并不需要周期性重复生产或批量极小,物理体积过大等都会导致超市物料配送模式失效,需要配送物料上线模式,此时就需对选择何种上线模式进行详细的计算和规划。

## 2 物料上线模式选择逻辑设计

不同上线模式的选择本质上是对物料是否适合建立线边超市进行判断<sup>[10-11]</sup>,选择哪些物料建立线边超市才能使总物料上线成本最低是此次研究的重点。为此,该研究设计出如下物料上线模式选择判断逻辑。

### 2.1 物料分类

物料类型的划分与线边空间的共享和重复利用率的高低十分相关<sup>[12]</sup>。为有效划分物料类型,引入ABC-XYZ分析矩阵,此分析法已成功应用到许多生产企业库存管理,物料控制中<sup>[13]</sup>。常见的物料分类准则有按照物料自身金额划分,按单位周期内物料需求量划分等。文中在关于上线模式的研究中,ABC分析法以生产线的需求量为分类标准,XYZ分析法以产线需求的波动情况为准则。

1) 根据客户需求与资源的关系进行分析, 明确分出高量物料 (High runner) 和低量物料 (exotics)。根据“二八原则”, 高量物料是在一定时间内频繁地生产, 大约为单位周期内产线需求总量的 80%, 低量物料约为该周期内产线需求量的 20%。该研究在时间上将生产能力分为高量和低量 2 部分, 以单季度为周期核算, 当零件的单季度需求量占该产线在该季度需求总量的 80% 时, 即为高量物料, 否则为低量物料, “二八原则”的示意图 1。可以看出物料 A, B 为高量物料, 物料 C, D, E, F, G, H, I, J 为低量物料。

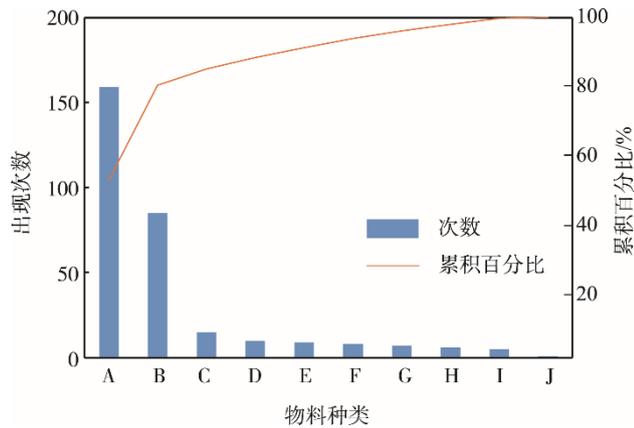


图 1 物料需求累积频率

Fig.1 Cumulative relative frequency of material requirements

2) 根据资源分析客户和取货频率, 这里的客户即为产线。如表 1 所示, 通过产品 ABC-XYZ 分析, 更加精确地确定了高量物料和低量物料。具体的分析矩阵见表 1, ABC 代表物料的需求量, A 代表需求量高的物料, B 代表需求量中等的物料, C 代表需求量低的物料; XYZ 表示产线提取物料的频率, X 代表提取频率有规律的物料, Y 代表提取频率波动的物料, Z 代表偶尔有提取需求的物料, 根据不同等级的需求量和提货频率, 分析矩阵将物料划分为 9 类, 分别是: AX, BX, CX, AY, BY, CY, AZ, BZ, CZ。其中被认定为高量物料的有: AX, BX, AY; 认定为低量物料的有: BZ, CY, CZ; 其余 3 类 AZ, BY, CX 则根据实际情况来决定物料属于高量物料或低量物料。

表 1 物料分类分析矩阵  
Tab.1 Analysis matrix of material classification

提货频率	产量		
	A	B	C
X	高量物料	高量物料	高量物料/低量物料
Y	高量物料	高物料/低量物料	低量物料
Z	高量物料/低量物料	低量物料	低量物料

## 2.2 确定物料的 SNP 数量

对物料进行分类后, 接下来需确定物料的 SNP 数量 (下文用  $N_{snp}$  表示) 和需求数量。由于物料的体积, 供应商原包装数量等参数的差异, 低量物料用量较少, 多为体积较小且单包装数量较多, 需要耗费大量人力点数。为避免在线边和仓库 2 个节点的重复点数以及常态化的余料处理 (非增值) 工作, 根据“80/20”原则, 如果累积消耗量占 exotics 物料总量的 20%, 可直接设定为配送物料, 只在配送前的仓库准备中就清点结束, 其他低量物料按照使用量占比来确定上线方式; 高量物料根据  $N_{snp}$  数量即按照物料数量来进行选择, 每一个装配工位所需每种零部件的线边库存水平与该零部件对应的看板数量有关, 且二者呈正向相关<sup>[14]</sup>。在二次判断中, 正确选取每种物料的  $N_{snp}$ , 即每张看板代表的零件数量是进行判断上线模式的关键。在高量物料中, 当  $N_{snp}$  数量大于等于一定量  $S$  时, 则该种物料被选为看板物料, 即上线模式为超市拉动物料。研究依据物料先进先出 (First In First Out, FIFO) 的原则, 以当前最适合线边物料先进先出操作的流利架为存储货架, 当一种物料存放于一条滑道时, 上料员最易操作, 且失误率最低, 故可按一条滑道最大存放量反推物料标准  $N_{snp}$  数量,  $N_{snp}$  的计算见式 (1)。

$$N_{snp} = \frac{t_l \cdot x \cdot n}{t_c \cdot e \cdot l} \quad (1)$$

式中:  $t_c$  为物料消耗节拍;  $x$  为标准周转箱长度;  $l$  为货架长度;  $e$  为货架可存放的层数;  $t_l$  为线边允许的物料存放周期;  $n$  为单位成品对应某种物料的数量。

基于以上计算和分析, 可以初步得出需要建立线边物料超市进行看板配送的物料种类, 在应用此选择逻辑的同时还应注意以下两方面: 物料上线类型的甄别并不是绝对的, 超市物料的更新频次应根据年生产计划的波峰波谷来动态调整, 避免呆滞物料占线边库存面积, 如每个季度更新一次, 更新的主要内容是否为建立超市; 对于同一物料同时使用在 2 个产品大类以上的物料, 应该只放置一个位置。

## 2.3 模糊物料成本核算

经过 2.1 节和 2.2 节的分析, 确定出物料中可直接判定为看板物料和配送物料的品种。实际操作中, 还存在大量的无法直接判断的物料, 称为剩余模糊物料。需要对无法直接判断的剩余模糊物料进行精确核算, 即对比分析看板配送和 MTO 配送 2 种模式的成本, 选择成本较低的一种方式作为物料的上线模式<sup>[15]</sup>。经过对 5 家汽车零部件生产企业的实地调查和历史文献的分析, 总结出影响看板和 MTO 这 2 种上线模式成本的诸多因素, 其中 2 种模式的特有因素有四方面: 资金占有成本、仓库面积成本、MTO 零件

点数成本、余料管理成本；公共影响因素有四方面：厂内空间成本、Milkrun 循环取货成本、翻包成本、人员上料成本。在进行具体成本分析时，需要对这些影响因素进行详细的指标（Key Performance Indicator, KPI）分解。其中，资金占有成本  $C_1$  主要受 5 个方面的影响：资金年利率  $r$ 、物料单价  $p_1$ 、仓库备料区库存时间  $t_w$ 、线边超市库存时间  $t_s$ 、物料平均消耗节拍  $t_c$ 。仓库面积成本  $C_2$  可分解为：一层流利架滑道存储该种物料的箱数  $b_1$ 、仓库备料区库存时间  $t_w$ 、一

条流利架滑道的面积  $a_1$ ；周转箱中的物料标准数量  $N_{snp}$ 、单位面积租赁成本  $C_a$ ；流利架的层数  $e$ 。点料成本  $C_3$  的构成要素有：点数频率  $f$ ，单件点数时间  $t$ ，单位时间人力成本  $h_1$ 。余料管理成本主要由余料人力成本  $C_4$  和面积成本  $C_5$  组成，其中人力成本  $C_4$  受固定处理时间  $t_f$ 、额外处理时间  $t_e$ 、仓库和单位租赁成本  $C_a$  等 3 个方面的影响；面积成本  $C_5$  与余料存放区总面积  $a_2$ 、存放时间  $d$ 、仓库单位租赁成本  $C_a$ 、物料种类数  $N_{mto}$  相关。2 种配送模式下成本 KPI 分解见图 2—3。

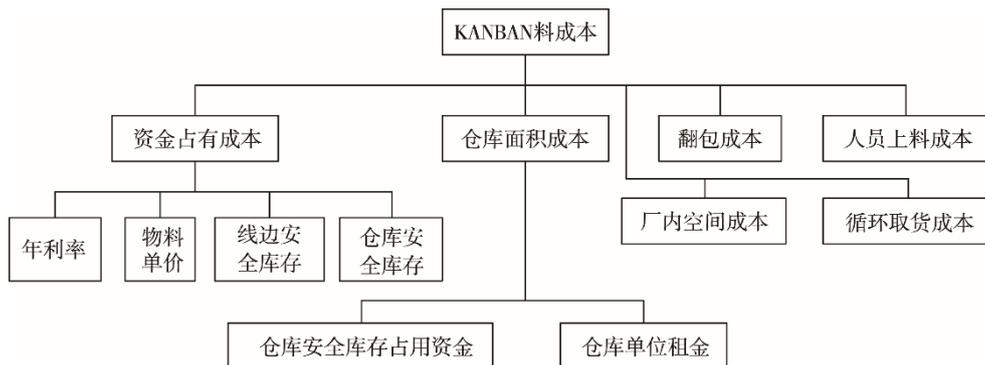


图2 看板料成本分析  
Fig.2 Cost analysis of KANBAN parts

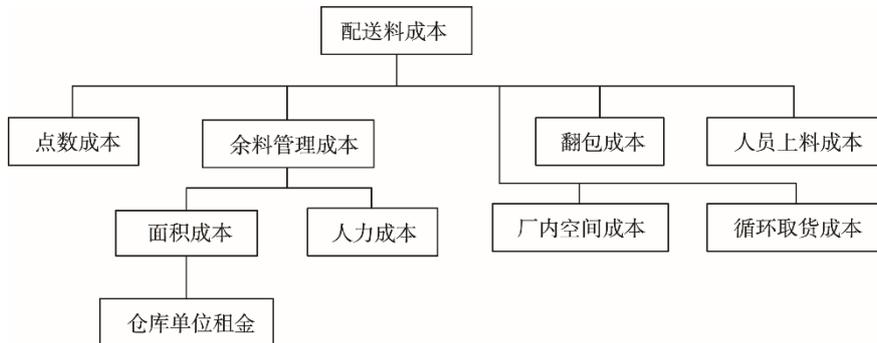


图3 配送料成本分析  
Fig.3 Cost analysis of MTO parts

根据其成本构成及成本计算原理，可以得到资金占有成本、仓库面积成本，见式（2—3）。

$$C_1 = \frac{3600}{t_c} (t_w + t_s) \times p_1 \times \frac{r}{4} \quad (2)$$

式中： $C_1$  为资金占有成本； $t_c$  为该物料平均消耗节拍； $t_w$  为仓库备料区库存时间； $t_s$  为线边超市库存时间； $p_1$  为该物料的单价； $r$  为资金年利率。

$$C_2 = \frac{3600 \times t_w}{t_c \times N_{snp} \times e \times b_1} \times C_a \times a_1 \times 30 \times 3 \quad (3)$$

式中： $C_2$  为仓库面积成本； $b_1$  为一层流利架滑道存储该种物料的箱数； $a_1$  为一条流利架滑道的面积； $N_{snp}$  为周转箱中的物料标准数量； $C_a$  为单位面积租赁成本； $e$  为流利架的层数；每个月按 30 d 计算，每个季度有 3 个月。

看板物料配送模式的总成本见式（4）。

$$C_{KANBAN} = C_1 + C_2 + C_{其他} \quad (4)$$

式中： $C_{其他}$  为公共成本因素，包括翻包成本、产线上料人员成本、厂内空间成本、Milkrun 成本。

同理可得出主动配送物料成本，见式（5—7）。

$$C_3 = h_1 \times f \times t \quad (5)$$

式中： $C_3$  为点料成本； $h_1$  为单位时间人工成本； $f$  为上季度该物料点料频次； $t$  为每件物料的点料时间。

$$C_4 = h_1 \times \frac{(t_f + t_e)}{N_{mto}} \quad (6)$$

式中： $C_4$  为余料人工成本； $t_f$  为固定工作时间； $t_e$  为额外工作时间； $N_{mto}$  为采用主动配送物料种类数量。

$$C_5 = a_2 \times \frac{d}{N_{mto}} \times C_a \quad (7)$$

式中： $C_5$  为余料面积成本； $a_2$  为余料存放区总面

积； $d$  为存放时间。

主动配送物料模式的配送总成本即为式 (8)。

$$C_{MTO} = C_3 + C_4 + C_5 + C_{其他} \quad (8)$$

按照以上计算模型,可分别计算出每种物料 2 种不同上料模式下的成本,选择成本较低的作为物料最终上线的标准。以上规则是基于线边超市面积足够的情况下,如果线边面积不足,按照看板物料成本排序,筛出成本低的物料优先建立超市。最后,将此选择过程绘制成图 4,根据此流程图,可确定出每种物料配送模式。

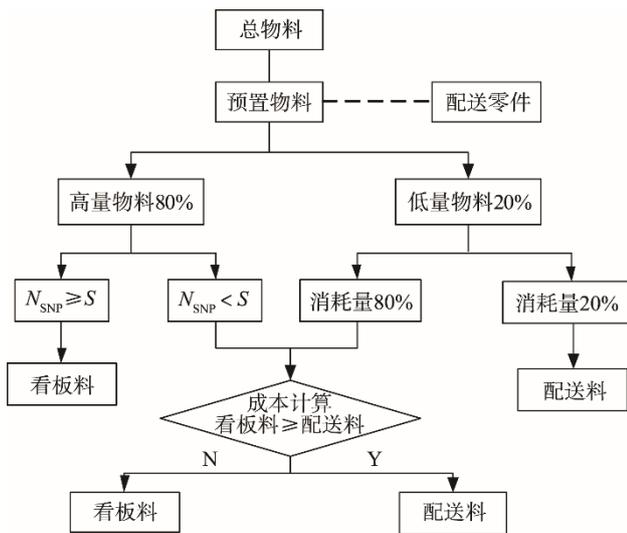


图 4 总物料上线模式判断逻辑

Fig.4 Judgment logic of shipping-to-line mode of total parts

### 3 算例应用

LD 公司是一家中外合资的汽车零部件生产企业,主营五大系列产品:EKP, EKPT, DVE, APM, TEV。近年来,我国汽车保有量呈现井喷式增长,为满足与日俱增的客户需求,公司决定引进新产线提高产能,使得线边超市面积更加局促,这对原本的全部原材料都进行看板拉动并设立物料超市来满足生产需求的原则提出挑战,因此必须合理平衡物料准时供应与有限线边超市面积之间的关系,确保周期时间内线边超市物料种类的动态控制和调整,降低生产物流

配送成本。下面以 EKP 产品(共 4 条产线)为例,对上述成本分析模型进行物流成本优化有效性验证,重新核算物料的上线成本,进而选择出最经济的上线方式(为确保企业信息安全,以下数据均经过一定比例处理)。

首先,从 LD 公司的 SAP 系统中导出 EKP 产品在第 2 季度使用的所有物料,共 573 种。其次,根据上述选择逻辑,第 1 步需将部分单包装量大且需求不满整箱,体积大及需求频率较低的物料初步筛选出定为配送物料,共 49 种。

第 2 步,按照 80/20 原则,对剩余的 524 种物料的需求量进行统计,找出高量物料和低量物料,经过对 SAP 系统导出的历史数据进行统计,高量物料有 108 种,低量物料有 416 种。

第 3 步,LD 公司规定 EKP 产品的  $N_{snp}$  标准量  $S$  为 200,即在 102 种高量物料中,当  $N_{snp} \geq 200$  时,即定为看板物料,其余则为模糊物料。其中,  $N_{snp} \geq 200$  的物料种类有 45 种物料,所以需要对其余的 63 种模糊物料做进一步的配送成本计算;此外,在 422 种低量物料,物料累积消耗量占低量物料中 20%的即定为配送物料,共有 353 种物料,需要对其余 69 种模糊物料做进一步的配送成本计算。综上,单季度内 EKP 产品线共有 132 种模糊物料需要计算出种物料的最佳上线模式,对计算的相关参数做出说明见表 2,因文章篇幅有限,在表 3 和表 4 中按照第 2 节的计算逻辑,列出其中 13 种物料的计算详情。

如表 5 所示,差值(看板模式成本-主动配送模式成本)为负值时,即该物料应选择看板模式,否则,选择主动配送模式。经计算,调整配送方式后给出的 13 种物料可减少配送成本 489.09 元,该产品所有物料共可减少物料配送成本 7013.63 元。其中模糊物料 1R20S9, 1R10S7, 1R10SJ, 1R10S8, 1R10SQ, 828690, 1R10T4 都需改变原来的配送模式则可实现降低一定物流配送成本的目标,其中 1R10SJ, 1R10S8, 1R10SQ, 828690 是从原来的看板配送模式改变为 MTO 配送模式,由此可见,并非所有物料都适合当前制造业盛行的看板方式,重新定义物料的配送方式后,可发挥各配送模式所长,为物料实现定制化的配送模式,最终达到降本的效果。

表 2 物流设施相关参数说明

Tab.2 Description on related parameters of logistics facility

类别	说明
流利架过道	1000 mm
流利架尺寸	长2500 mm×宽500 mm, 可存放5层
周转箱尺寸	大箱: 600 mm×400 mm×220 mm, 小箱: 400 mm×300 mm×220 mm
流利架可存放的周转箱数量	大箱4箱, 小箱8箱
每条流利架的总面积	(流利架的长度+过道宽度)×流利架的宽度=1.75 m <sup>2</sup>

表3 部分模糊物料的主动配送成本计算  
Tab.3 MTO cost calculation of partly uncertain parts

物料号	点数 频率	点料 成本/元	余料人工 成本/元	面积成本/ (元·m <sup>2</sup> ·d <sup>-1</sup> )	存放 时间/d	余料面积 成本/元	主动配送 成本/元
00TE18	22	52.80	0.15	1.2	90	3.35	56.30
1R20S9	13	31.20	0.15	1.2	90	3.35	34.70
1R10S7	1	2.40	0.15	1.2	90	3.35	5.90
1R10SJ	26	62.40	0.15	1.2	90	3.35	65.90
1R10S8	68	163.20	0.15	1.2	90	3.35	166.70
1R10S6	25	60.00	0.15	1.2	90	3.35	63.50
1R10SQ	73	175.20	0.15	1.2	90	3.35	178.70
1R10SS	12	28.80	0.15	1.2	90	3.35	32.30
1R10S2	50	120.00	0.15	1.2	90	3.35	123.50
828690	32	76.80	0.15	1.2	90	3.35	80.30
1R10S3	1	2.40	0.15	1.2	90	3.35	5.90
1R10SE	38	91.20	0.15	1.2	90	3.35	94.70
1R10T4	25	60.00	0.15	1.2	90	3.35	63.50

注：单件点数时间为 240 s；额外工作时间为 11 s；固定工作时间为 7200 s；余料存放区总面积为 15 m<sup>2</sup>；单位人工成本为 0.01 元/s；物料种类数为 484

表4 部分模糊物料的看板成本计算  
Tab.4 KANBAN cost calculation of partly uncertain parts

物料号	节拍/s	线边超市存储 时间/h	单价/元	资金占有 成本/元	一层滑道存储 物料的箱数	周转箱中物料 的标准数量	仓库面积 成本/元	看板配送 模式成本/元
00TE18	26.5	6	1.15	18.75	4	800	16	34.75
1R20S9	13.5	3	1.33	34.58	8	600	21	55.58
1R10S7	12.79	3	0.78	21.41	8	700	19	40.41
1R10SJ	13.77	3	0.78	19.88	8	650	19	38.88
1R10S8	31.5	5	0.22	2.83	8	600	9	11.83
1R10S6	13.5	3	0.39	10.14	8	600	21	31.14
1R10SQ	29.58	4	0.79	10.10	4	500	23	33.10
1R10SS	12.6	3	3.81	106.14	4	500	54	160.14
1R10S2	27.93	3	1.21	15.21	4	420	29	44.21
828690	27	3	1.33	17.29	8	420	15	32.29
1R10S3	27.13	3	1.57	20.31	4	220	57	77.31
1R10SE	33.75	3	3.31	34.42	4	180	56	90.42
1R10T4	21.6	3	4.72	76.70	4	350	45	121.70

注：仓库备料区库存时间为 10 h；资金年利率为 3%；一道流利架滑道的面积为 1.75 m<sup>2</sup>

表5 主动配送成本和看板成本对比  
Tab.5 Cost comparison of the KANBAN mode and the MTO mode

物料号	主动配送 模式成本/元	看板配送 成本/元	差值/元	优化后 配送方式	优化前 配送方式	节约 成本/元
00TE18	56.3	34.75	-21.55	KANBAN	KANBAN	0
1R20S9	34.7	55.58	20.88	MTO	KANBAN	20.88
1R10S7	5.9	40.41	34.51	MTO	KANBAN	34.51
1R10SJ	65.9	38.88	-27.02	KANBAN	MTO	27.02
1R10S8	166.7	11.83	-154.87	KANBAN	MTO	154.87
1R10S6	63.5	31.14	-32.36	KANBAN	KANBAN	0
1R10SQ	178.7	33.1	-145.6	KANBAN	MTO	145.6
1R10SS	32.3	160.14	127.84	MTO	MTO	0
1R10S2	123.5	44.21	-79.29	KANBAN	KANBAN	0
828690	80.3	32.29	-48.01	KANBAN	MTO	48.01
1R10S3	5.9	77.31	71.41	MTO	MTO	0
1R10SE	94.7	90.42	-4.28	KANBAN	KANBAN	0
1R10T4	63.5	121.7	58.2	MTO	KANBAN	58.2

## 4 结语

物料上线模式的选择与物料的需求量、配送成本、物流加工成本、存储成本有密切关系,选择经济合理的物料上线模式可以有效降低生产物流成本。在当前精益化的大趋势下,企业在由传统的“推动式”物料供应方式向“拉动式”物料供应方式过渡中,不应将所有物料划一处理,应该以总物料配送成本最低化为上线准则,对比不同配送方式产生的物流成本,量化地选择最恰当的方式。任何一种物料的上线方式并非永恒不变的,随着市场需求的波动,要滚动更新其物流配送模式,不断改善。

### 参考文献:

- [1] GOLZ J, GUJJULA R, GÜNTHER H, et al. Part Feeding at High-variant Mixed-model Assembly Lines[J]. Flexible Services and Manufacturing Journal, 2011, 24(24): 119—141.
- [2] MAURIZIO F, MAURO G, ALESSANDRO P, et al. Design and Simulation of Assembly Line Feeding Systems in the Automotive Sector Using Supermarket, KANBANs and Tow Trains: a General Framework[J]. Journal of Management Control, 2013, 24(2): 187—208.
- [3] BOYSEN N, EMDE S. Scheduling the Part Supply of Mixed-model Assembly Lines in Line-integrated Supermarkets[J]. European Journal of Operational Research, 2014, 239(3): 820—829.
- [4] MOHAMMED A, BERND N. A Genetic Algorithm for Supermarket Location Problem[J]. Assembly Automation, 2015, 35(1): 122—127.
- [5] 周炳海, 徐佳惠, 彭涛. 基于新型线边集成超市的周期性物料配送优化[J]. 吉林大学学报(工学版), 2017, 14(4): 132—138.  
ZHOU Bing-hai, XU Jia-hui, PENG Tao. Optimization of Cyclic Part Feeding With Novel Line-integrated Supermarket[J]. Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition), 2017, 14(4): 132—138.
- [6] 蓝贞贞. 基于 TOC 的线边库存管理瓶颈识别及其优化[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2016.  
LAN Zhen-zhen. Constraints Identification and Optimization of Floor Stock Inventory Based on the Theory of Constraints[D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-tech University, 2016.
- [7] 李加玲, 钱吴永. 基于软时间窗的车间物料配送调度优化研究[J]. 物流技术, 2016, 35(12): 135—140.  
LI Jia-ling, QIAN Wu-yong. Optimization of Workshop Material Dispatching with Soft Time Window[J]. Logistics Technology, 2016, 35(12): 135—140.
- [8] 李占凯, 何玉林. 看板管理在企业中的应用研究[J]. 工业工程与管理, 2009, 14(4): 132—138.  
LI Zhan-kai, HE Yu-lin. Study on the Application of KANBAN Management in Corporation[J]. Industrial Engineering and Management, 2009, 14(4): 132—138.
- [9] 郑秀恋, 刘陆. 物流超市在汽车生产物流中的应用研究[J]. 物流技术, 2013, 32(7): 80—85.  
ZHENG Xiu-lian, LIU Lu. Application of Logistics Supermarket in Car-making Logistics[J]. Logistics Technology, 2013, 32(7): 80—85.

- [10] BATTINI D M, PERSONA A. "Supermarket Warehouses": Stocking Policies Optimization in an Assembly-to-order Environment[J]. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2010, 50(5/6/7/8): 775—788.
- [11] EMDE S. Scheduling the Replenishment of Just-in-time Supermarkets in Assembly Plants[J]. *OR Spectrum*, 2017, 39(1): 321—345.
- [12] 胡鑫铭, 陆志强. 飞机移动生产线物料配送与线边存储集成优化[J]. *工程科学学报*, 2018, 40(1): 108—119.
- HU Xin-ming, LU Zhi-qiang. Integrated Optimization of Material Delivery and Line-side Storage Problem for Aircraft Moving Assembly Line[J]. *Chinese Journal of Engineering*, 2018, 40(1): 108—119.
- [13] 陆岚, 李美霞. 多品种小批量制造企业生产线缓冲库存物料供给方式研究——以 A 机械制造企业为例[J]. *物流技术*, 2013, 32(4): 237—239.
- LU Lan, LI Mei-xia. Study on Material Supply for Production Line Buffer Stock of Manufacturing Enterprises Practicing Mu[J]. *Logistics Technology*, 2013, 32(4): 237—239.
- [14] 赵荣建. 应用看板系统提高物料管理水平[J]. *物流技术与应用*, 2010, 15(1): 76—79.
- ZHAO Rong-jian. Application of KANBAN System to Improve Material Management Level[J]. *Logistics & Material Handling*, 2010, 15(1): 76—79.
- [15] FACCIO M. The Impact of Production Mix Variations and Models Varieties on the Parts-feeding Policy Selection in a JIT Assembly System[J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2014, 72(1/2/3/4): 543—560.