

# 基于Milk-run的车间物流配送系统优化研究

施冠栋

(上海汇众萨克斯减振器有限公司, 上海 201100)

**摘要:**文章详细阐述了汽车零部件公司车间物流的应用现状,并对工厂车间物流循环配送系统进行了规划与实施,建立了循环配送系统的关键评估指标、实施方案。实践证明该模式大大提高了生产效率并降低了生产成本。

**关键词:**车间物流;循环配送;关键评估指标;实施方案

**中图分类号:**F253.9 **文献标识码:**A

## 0 引言

国内市场和全球经济的波动给制造企业带来了巨大的运营风险。而与此同时,客户对供货的要求也从原先的批量供货逐渐转变为定制产品的小批量供货。这些现有竞争环境所产生的特性迫使制造企业对其管理和生产结构做出根本性的改变。通过消除生产中浪费的精益管理来进行改善,而厂内物料供应作为精益生产系统的一个重要改善方向具有极高的研究价值。厂内物料供应使用循环配送(Milk-run)系统在汽车工业中越来越受欢迎,其目标是优化物流配送流程并提高物料供应的可靠性,该系统涉及物料拣配、运输和交付给内部客户指定的工艺、生产区域的过程。但现有的Milk-run系统多应用于供应商入厂物流,所以研究适合企业实施厂内Milk-run系统的方法才能有效改善厂内物料供应。

## 1 Milk-run系统的起源及应用现状

Milk-run一词来源于20世纪前英国和美国的一种典型的牛奶配送方式。运作模式是通过送牛奶的小男孩把可以重复使用的牛奶瓶按照固定的路线送到顾客处,并回收空奶瓶。在理想情况下,配送牛奶是在与先前给客户的奶瓶进行直接交换的情况下进行的,所以不会出现多送牛奶或牛奶变质的风险。这个配送理念已经转化为企业物流的一种模式,多用于汽车制造业,是主机厂使用同一卡车按照预先设定好的路线和时间按照次序到供应商处收取货物,同时装卸零件和空容器,最终将零部件送到主机厂仓库或生产线的一种运输模式。

Milk-run在国外起步较早,已经得到广泛应用并取得了一定的研究成果,国内研究则起步较晚。通过

对国内外文献的对比研究,国内外对Milk-run系统研究主要可以分为3个方向。(1)Milk-run运作模式的研究:Chopra等<sup>[1]</sup>将物流供货系统分为直接、Milk-run(循环)、交叉和混合供货4个供应系统。左晓露等<sup>[2]</sup>阐述了国内汽车零部件企业入厂物流的现状,Milk-run模式的关键步骤和遇到的问题。使用第三方物流来实施Milk-run系统,设计了新的逻辑结构并进行了分析。(2)Milk-run系统模型及优化:施文等<sup>[3]</sup>提出了主机厂产能扩大时第三方物流零部件循环取货越库配送物流模式的优化设计问题,建立仿真模型,应用序贯分支筛选关键因子来建立Kriging元模型进行优化,证明了Kriging元模型对第三方物流改进方向的重要作用。(3)Milk-run车辆路线的优化:王旭等<sup>[4]</sup>提出Milk-run运输车辆满载率和最优路径结合的建模方式,建立具有车辆满载率、时间窗、车辆最大行程约束的车辆调度多重优化模型,并使用改进启发式算法求解。

通过对以上国内外研究的调查发现,现在Milk-run系统的研究应用主要集中在入场物流上,而对于其他方面的研究应用比较少。本文在Milk-run现有模式的基础上,将其应用到厂内车间物流配送上,讨论其运行模式及实施方法,找出一条适用于装配线车间的新配送模式,从而优化生产物流。

## 2 车间物料供应常见问题

车间物流供应系统常见的问题主要有3个。(1)信息系统传递不畅,在制造企业,往往存在信息传递不及时造成线边库存过高或缺料的情况,现行的普遍做法是通过看板进行控制,但在实际操作中发现,在不成体系的拉动系统中使用看板控制,如漂流浮木,看

**作者简介:**施冠栋(1987—),男,上海人,工程师,学士;研究方向:物流规划。

板往往变成标示,不能起到拉动作用。(2)仓库到线边的配送系统问题,物料未按时送至配送点造成的产线缺料停线;计划频繁变更造成的线边零件库存堆积;物料容器种类繁多导致的配送方式烦琐,配送随意性大;叉车进生产线造成的安全隐患等。(3)车间内部工序物料流转问题,工序间在制品库存过多造成占用大量线边面积、零件质量和安全隐患;由于过高的库存造成堆放混乱从而无法做到先进先出;工序间在制品供应波动幅度大,上下游虽然存在大量在制品库存,但在流通过程中仍然会出现缺料的情况。

Milk-run 系统在厂内物料供应实施过程中将涉及信息传递、仓库到工序的配送、工序间的配送,是整个厂内物料配送体系,能有效改善车间物料供应。

### 3 Milk-run 系统的关键绩效指标

Milk-run 系统是一种属于精益管理和生产系统的方法,它遵循避免浪费的思想,即所谓的避免缺陷、生产过剩、等待、运输、库存、移动和额外加工。相比之下,物料供应的目标是提高效率,从而降低装配区域的库存。同时对缩短交付时间、物料的质量、可靠性和配送的灵活性提出了更高的要求。

通过对于避免浪费的分析,得出4个厂内 Milk-run 系统关键绩效考核指标。(1)生产中物料的库存量和占用空间。库存是指非必需的原材料、成品或半成品,它们占用存放空间并且不会给客户带来增值。在物料供应方面,库存就是在生产中还未被使用但是占用空间的库存。(2)运输损坏,由于外部环境的原因,比如物料质量差造成额外加工需要很长时间。在 Milk-run 运行中,这只能由火车配送过程中碰撞或倾覆事故引起,所以这里的关键绩效指标是运输损坏。(3)缺料等待。等待是指由于物料配送不及时或设备故障造成的在生产过程中员工时间的浪费。转换成物料供应,等待时间就是由于缺少物料而导致的机器停机时间。(4)交付提前期和紧急响应时间。物料长距离运输或从仓库运输到设备都是浪费。对于物料供应而言,交付时间越长效率越低。

以上关键绩效指标代表了 Milk-run 的性能测量系统,描述了基于精益管理的最优物料供应——精益物料供应。

### 4 车间 Milk-run 系统实施规划

车间 Milk-run 系统运行模式是基于在上一个配送周期期间消耗的物料信息,在物料源(例如中央仓库、超市)处拾取完整的装满物料的容器,然后通过运输火车将容器带到一个或多个水槽(例如超市、工作站)。在交接地点,配送人员将装满物料的容器放到指定位置并取走空容器,根据路线上的水槽数量重复该过程。当所有满载货物的容器均被配送完毕时,列

车将空箱运回原处。如果空箱在物料源处不需要被重新装满,则将它们带到收集区域。

#### 4.1 Milk-run 规划流程

在实施 Milk-run 系统时,必须通过不同的流程。为了理解引入 Milk-run 的方法,以下部分将简要地考虑和解释该过程的不同阶段。(1)条件:并非每个工厂都有实施 Milk-run 生产配送的正确要求,因此,必须修改不同的点,并且通常需要在项目开始之前进行调整。(2)需求:Milk-run 的计划必须基于有效数据,在此基础上,必须计算生产的需求了解需要的火车数量和路线,以及他们的送货频次以保证生产需要。(3)路线:首先,根据计算,路线设定必须考虑载运量分配,平衡相互间的物料,做到每条路线的运输量和时间都是均衡的。然后,应选择其中一条路线作为实施的试点,通常根据每条路线的复杂程度和成本做出此决定。在此阶段,还需要考虑 Milk-run 所需的硬件。(4)仓库:通常需要对当前的仓库区域进行调整,以缩短为 Milk-run 拉动物料所需的时间。此外,物料必须包装成可由 Milk-run 火车运输的数量。为包装所做的决策也会对仓库模型产生影响。由于 Milk-run 属于拉动系统,因此在此步骤中也引入了看板。(5)试点:最后一步在试验区域实施 Milk-run,这包括硬件的准备和测试以及全面的员工培训和教学。试点的前几周用于观察识别问题和潜在改进的过程。从 Milk-run 开始时,这个试验阶段非常重要,因为它需要一段时间验证系统的可实施性,直到所有过程都能流畅地工作。

在设计工厂的 Milk-run 系统方案时,必须考虑每个工厂的实际情况,根据不同问题采用针对性的对策。所以必须分析目前的情况,并利用分析结果开发出能够解决现存问题的思路。这些想法需要转化成实际内容,然后作为设计的目标。

#### 4.2 Milk-run 系统设计:实施条件

在开始实际的 Milk-run 设计之前,必须对实施 Milk-run 的条件进行调整,以确定是否满足了允许在工厂内使用 Milk-run 生产系统的3个要求:布局、安全和物料。

布局需要以物料流动为导向,Milk-run 需要定制布局,避免长距离、大面积和较长的交付周期。在理想的情况下,每个加工零件都直接用于下一个生产工序,机器之间的运输步骤减少能简化 Milk-run 系统的使用流程。同时布局必须考虑道路容量,车道需要满足火车的正常行驶和转弯需求。用于存放物料的货架应放置在生产单元附近并与路线相邻,这样就可以让 Milk-run 司机轻松地把它们装满。除了 Milk-run 火车本身,提供生产的物料也需要空间。仓库需要提供足够的面积存放火车等运输设备。



考虑到人们在工厂工作而 Milk-run 在生产供应路线上行驶的事实,必须解决某些安全问题。首先,火车必须可以自由进出 Milk-run 运输车道,并且路线上不应放置任何物料,因为这些因素可能对司机构成威胁并导致延误。为了使员工关注工厂内的交通情况,必须对车道进行清晰的标识,并且培训员工如何应对车辆的流通,Milk-run 火车必须拥有绝对的优先通行权。

不仅要考虑布局和安全问题,还必须考虑生产和物料处理的问题。只有在输入变量变化不大或其在操作中具有更好的可预测性时,才有可能进行安全规划。当根据客户策略进行定时和分级生产时,设计一个高效的 Milk-run 系统会更容易。同样,这也适用于实现信息流。信息流非常重要,它工作越好,引入 Milk-run 系统就越容易。这些信息流应该与一个实施的拉动系统一起使用,该系统对于 Milk-run 运行至关重要。除了这些系统性要求外,运输器具还必须符合 Milk-run 系统的要求,在生产过程中需要运输的所有容器都必须由火车移动。生产和物流人员必须处理 KLT 或 dolly,他们不能太重,避免造成无法搬运或推动(最大起重量:15 kg;最大推重量:500 kg)。如果箱子太重,则必须提供起重设备。

#### 4.3 Milk-run 系统设计:数据收集和 demand 计算

在记录物料流动的同时,通常会产生大量的数据。为了处理大量的数据,必须对相关信息进行过滤,并将完整的物流可视化。通过相关物料流动的物理布局 and 运行时间,可以导出整个 Milk-run 网络的结构。为了做到这一点,物流流动被划分为来源、水槽(汇合点)和路线。虽然物流的来源和水槽代表物流或面向生产的服务部门,但路线显示了运输活动。这些物流活动可通过桑基图进行直观地说明,所有厂内物料数量流动都按照物流来源和分布的矩阵以图形方式显示,其中运输的数量通过箭头的强度反映出来。此图有助于可视化运输量,它可对物流进行划分,降低其复杂性,使物流流动更加透明。为了确定可能的 Milk-run 路线,这些信息是必不可少的,它清楚地显示了哪些机器的需求量最大,以及所要求的材料从何处交付。所以桑基图告知了我们在那里拣取被需要的物料以及需要运输的距离。

作为规划的基础,必须确定各种数据和组织的要求。这些主要包括关注物流信息的正确性、可靠性和完整性。需要这些数据来理解过程中每个部分的处理方法,零件交付过程、包装情况、零件需求、需求设备等。这些信息中的大多数在公司内部都能找到,但是由于保存在许多不同的位置,所以并非所有人都能看到。为了能够规划 Milk-run 的正确方案,需要收集这些数据并将其汇集到同一个地方——每个产品

的计划(PFEP)。在这个数据库的帮助下,可以根据许多不同的数据类型对信息进行排序,并且允许更改和添加类别,从而保持数据的灵活性。要了解哪些容量必须通过 Milk-run 运输,首先需要使所有数据在容量方面具有可比性。只有这样才能计算出频率、周期、火车数量和行驶路线。为了使计算的数据等效,所有的物料都使用 KLT 和 dolly 运输。通过这样做,不同类型的物料可以通过每箱的数字需求进行比较,并且可以更好地了解工厂内运输的数量。

#### 4.4 Milk-run 系统设计:路线规划

Milk-run 系统的运行模式是配送人员使用设备通过固定的路线在固定的时间段内进行小批量零件配送。Milk-run 系统的路线规划在设计时必须重点考虑,合理的路线规划能有效提高其效率,保证系统的可实施性。一般 Milk-run 供货路线模式可以分为以下几种模式:两站式、中心仓库式、多重停靠点式、差异化停靠点式。车间 Milk-run 供货模式多采用 1:n 的中心仓库式。

通常车间内的 Milk-run 运行周期时间小于 60 分钟,在规划路线时根据数据收集和 demand 计算的数据,确定每台设备和每个站点消耗的零件箱数,将其转换为总需求的百分比。根据汇总的数据表格,通过试错法划分 Milk-run 运行路线,同时不同路线的运输量和循环时间应该相同或相近。在定义路线时必须考虑以下几点:确定路线的起点、供应所有的物料站点、使用桑基图观察主要的物流流、考虑通道交通情况如思路 and 十字路口、检查道路宽度和转弯区域是否能通行火车、控制路线长度、考虑在不同的路线上运输大小箱子的可能性。当确定运行的循环路线时,考虑到员工的接受程度,因此选取最容易的路线开始,改善运行人员的工作习惯。

#### 4.5 Milk-run 系统设计:配送设备

在大多数情况下,Milk-run 火车包括牵引车和挂靠拖车。为了实施车间 Milk-run 系统,必须选择适合自身的火车设备,因为不同公司和工厂的工艺设计多种多样,可以说市场上没有任何拖车设计是完全适合的,所以通常会使用非标准的特殊设计来运输料箱。选择配送设备时必须考虑以下问题。(1)运输条件:运输物品的多样性,公司政策(如重量)和工厂布局。(2)运输灵活性:装卸的必要灵活性,承运人/箱子的差异,路线规划的复杂性。(3)行驶特性:转弯周期,方向稳定性,噪音。(4)操作要求:维护费用,必要设备(叉车、手推车),操作简单。

#### 4.6 Milk-run 系统设计:线边库存控制

每一个 Milk-run 火车停靠站点都是一个库存点。安全库存是为了应对生产线的消耗波动,保证生产线不停线而设置的,安全库存能合理应对在生产中

由物料配送引发的问题。在 Milk-run 系统中,由于 Milk-run 的循环周期一般均在 60 分钟以内,循环时间短,响应周期快,则相应的线边库存可以控制在 Milk-run 循环周期的范围内。合理的 Milk-run 系统线边库存为其运行提供良好的保障,也为企业节约了成本。现阶段,对于装配线的线边库存管理的研究较少,需要对符合 Milk-run 系统的线边库存进行研究。

为了安全库存模型求解的合理性,需要做出以下假设:(1)生产线不允许缺料停线,停线费用设为无穷大。(2)库存的消耗是连续且均匀的,即假设生产线是以恒定生产节拍进行消耗的,速度  $V$  线性消耗的,  $V$  是常数。(3)库存的补货时间远远小于周期运行时间,在此忽略不计。(4)库存的补充间隔时间大于等于 Milk-run 系统的周期时间,记为  $T$ 。(5)为了应对生产波动需要设置安全风险系数  $\gamma$ ,增加安全库存量来应对可能的风险。Milk-run 线边库存模型一次补充量  $P$  必须满足  $T$  时间内生产线的消耗,其物料的安全库存量设置为:

$$KC = \frac{V \times T}{u} \times \gamma$$

其中  $KC$ (箱)表示安全库存; $V$ (件/min)为生产线固定时间内消耗的零件个数; $T$ (min)为 Milk-run 系统的配送周期; $u$  表示每个零件的单箱数量。

设定完安全库存后使用看板进行控制, Milk-run 系统看板系统的运行模式。(1)看板卡收集:火车司机按照 Milk-run 运行时间到各物料站点收集看板。看板回收点在各物料站点旁,便于产线人员和司机放置。(2)备料:火车司机将看板带回仓库交于备料人

员,备料人员扫描看板创建取料指令,然后按指令拣选物料,核对看板与物料是否一致后将看板置于对应的料箱上。(3)配送:火车司机沿 Milk-run 路线行驶,根据看板信息将物料配送至指定的物料站点,并取回空箱和看板,以此循环。

## 5 结语

本文以 Milk-run 系统为研究对象,将其应用到车间的物流配送系统中。建立了以实施条件、数据收集与测算、路径规划、配送设备和库存控制的 5 步实施方法。但 Milk-run 系统是非常灵活的,这一方面意味着它对于大多数物料和工厂都是可行的,但另一方面, Milk-run 在设计时会有很多不同的模式,所以为实施而开发的过程可以作为指导方法,但不能被视为标准。每个公司都应根据自己的实际情况对实施方案进行调整,达到改善内容物料供应的目的。

## 参考文献

- [1] CHOPRA S, MEINDL P. Supply chain management strategies, planning and operation[M]. 刘曙光, 吴秀云, 等, 译. 北京:清华大学出版社, 2001.
- [2] 左晓露, 刘志学, 郑长征. 汽车零部件循环取货物流模式的分析与优化[J]. 汽车工程, 2011(33): 95-98.
- [3] 施文, 刘志学, 杨威. 零部件循环取货越库物流系统仿真优化[J]. 计算机集成制造系统, 2012(12): 2766-2776.
- [4] 王旭, 陈栋, 王振锋. 汽车零部件 Milk-run 车辆调度优化模型和算法[J]. 计算机应用, 2011(4): 1125-1128.

(责任编辑 王雪芬)

## Study on optimization of workshop logistics distribution system based on Milk-run

Shi Guandong

(Shanghai Sachs Huizhong Shock Absorber Co., Ltd., Shanghai 201100, China)

**Abstract:** To establish the key evaluation index and implementation plan of the circular distribution system, this paper elaborates the application status of workshop logistics in the auto parts company and studies the planning and implementation of the logistics circular distribution system in the workshop. The practice proves that this mode greatly improves production efficiency and reduces production cost through practice.

**Key words:** workshop logistics; Milk-run; key assessment indicators; implementation plan