

第 3 章 库存成本及库存管理方法

库存系统的形式多种多样,不同产品、不同行业、不同领域,库存系统的构成会有所差别,但许多库存系统都呈现以下的结构形式:供应商-仓库-市场,对应的活动要件由进货-储存-出货所组成。这里,供应商可以是产品或零部件生产环节,也可以是批发环节、配送环节;市场是指下游客户,它既可以是生产环节,也可以是销售环节,还可以是终端市场。

在进行进货-储存-出货等各项活动时,将会发生相应的成本。库存管理的主要目标是,确定最优的补货时机和最优的补货批量,使库存系统的运行成本达到最小。因此,合理的成本计算是开展库存管理的基础,在成本分析的基础上,可进一步讨论有效的库存管理方法。

3.1 相关成本

在进行货物补充活动时会发生启动费用及购买或生产货物的费用;货物在储存过程中,会发生持货费用;当市场产生需求时,若有货物能满足市场需求则会获得收益,若缺货而无法满足市场需求则会发生惩罚费用。

3.1.1 补货成本

当进行货物补充时,会发生两项费用。

一是补货启动费用(set-up cost),它是与进行补货工作有关的初期费用,不同的行业可表现出不同的形式。若供应商是一个生产环节,当它收到订单时,为了完成这一生产任务,需要进行一系列的准备工作,包括工装设备的安装与调试、生产资料的配备等。这些工作的特点是,它所产生的费用是一次性的、大小是固定的,与生产量的多少无关。还有很多其他情形都具有相似的表现形式,如供应商是一个配送环节,当它的载运工具是 5 吨的卡车时,则完成 10 千克的配送任务与完成 3 吨的配送任务所花费的启动费用是基本相同的;再如像电话机的座机费、汽车的养路费等,每次在指定的时间都会收取一笔固定的费用,与业务量的大小无关,这类费用都可以被看成是启动费用。用 K 表示补货启动费用(单位:元/次)。

另一项费用是补货可变费用(variable cost),它与货物补充的量成正比例。当供应商是一个生产环节时,在进行生产的过程中,一般对资源的消耗与所生产的量是呈正比的。当供应商是一个配送环节时,这部分费用与进货量呈正比。用 c 表示单位货物的生产费用或进货费用,可看成是单位货物的价值,称其为补货单价(单位:元/单位货物)。例如,某货物的进货单价 $c=145$ 元/箱,一次订购 100 箱,则补货可变费用为 14 500 元。

当货物补充批量为 x 时,以上费用之和就构成了一次补货的补货成本(ordering cost),

可用以下函数式表示：

$$O(x) = \begin{cases} 0, & x = 0 \\ K + cx, & x > 0 \end{cases} \quad (3.1)$$

图 3.1 描绘了补货成本与补货批量之间的关系。

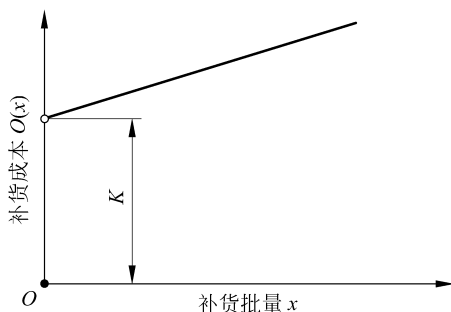


图 3.1 补货成本与补货批量的关系

在现实交易中,有时可能很难体会到补货启动费用的存在,当需要进行货物补充时,与供应商的交易主要集中在进货单价和进货量上,并不关心补货启动费用的情况,或者说并不直接发生补货启动费用。其实不然,我们常常会碰到这样的情况,当要进行货物补充时,如果进货量太少,上游厂家是不情愿为你生产补充的,也不情愿为你这点货物进行配送的。这里面的道理就是补货启动费用在起作用。一般地说,一项工作一旦启动,总是希望能多产出一些,这样可以通过规模效应来达到降低成本、提高效益的目的。

另一方面,有些情况下,对补货启动费用进行精确地量化是比较困难的,即便是相同的工作,在不同的企业所造成的补货启动费用也可能是不同的。因此,这笔费用应由供应方来承担还是由购买方来承担,并不是一件容易处理的事情。在现实交易中,有时虽然并不直接出现所谓的补货启动费用,但会通过进货单价隐性地反映出来,如生产厂家会根据购买的量来合理地报出单价,这实质上是将补货启动费用均摊到每件产品上了。再如,若补货启动费用主要是配送运输过程所产生的费用,则供应方会根据是否由本方承担送货任务而报出不同的单价来。

在库存系统的建模与分析中,是将补货启动费用和补货可变费用分别进行计算的,而且假定它们相互独立、互不影响。

3.1.2 持货成本

当货物储存在仓库里时,就会带来各种费用。

首先是资金占用成本。通常情况下,从供应商处进货时就要付款,然后将货物暂存在仓库里,并不会马上带来经济效益,只有当市场需求产生时才可收回资金,从进货付款到出货回收这段时间,资金是以货物且库存的方式被占用,如果这部分被占用的资金不是用于此项业务,而是投资到其他项目,则会产生一定的回报率,因此资金占用成本有时也被称为资金机会成本。该项成本按如下方式核算:假设单位货物的价值即补货单价为 c 元,可以是单位货物的生产费用或从供应商处的进货单价,如果资金的单位时间的回报

率为 I , 则资金占用成本为 Ic , 其量纲为元/(单位货物·单位时间), 即单位货物储存单位时间所造成的费用。关于资金的年度回报率, 一般比银行的年度资金利息要高许多, 通常取值为 $20\% \sim 40\%$ 。

其他成本包括货物储存过程中的资源消耗, 如水、电、场地等; 货物损失, 如变质、贬值、过期、失窃等; 货物保管, 如搬运、包装、检查等; 以及保险和税收等。这部分的费用可统称为货物管理费用, 其核算是假设单位价值的货物储存单位时间所造成的管理费用为 I' , 则价值为 c 的单位货物储存单位时间所造成的管理费用为 $I'c$ 。

持货成本(holding cost)是上述两类成本之和。对于许多实际的库存系统, 资金占用成本远高于管理成本, 另一方面, 从计算方法上来看, 完全可以将 I' 折算到 I 中。因此, 在库存系统的成本计算中, 一般可将单位货物储存单位时间所造成的成本表达为

$$h = Ic \quad (3.2)$$

式中, h 为持货成本系数。

如果库存系统的平均持货量为 y , 则单位时间的持货成本为

$$H = hy \quad (3.3)$$

例 3-1 某洗衣机产品从供应商处的进货单价 $c=1247$ 元/台, 假设资金的年度回报率 $I=30\%$, 试计算持货成本系数。如果平均年度持货量为 153 台, 则年度持货成本是多少?

解: 由式(3.2)可得持货成本系数为

$$h = 1247 \text{ 元/台} \times 0.3/\text{年} = 374.1 \text{ 元}/(\text{台} \cdot \text{年})$$

由式(3.3)可得年度持货成本为

$$H = 374.1 \text{ 元}/(\text{台} \cdot \text{年}) \times 153 \text{ 台} = 57\,237.3 \text{ 元/年}$$

在进行持货成本计算时, 因资金的年度回报率多以资金的年度利息率为参照, 所以时间量纲常以年为标准。但这并不绝对, 根据具体情况, 如用其他时间单位(季、月、周、天)更方便, 则只要将所有的参量进行归一化统一到相同的时间单位上来即可。

仍以例 3-1 为例, 资金的年度回报率 $I=30\%$, 则每周的资金回报率 $I=0.3 \div (365 \div 7) = 0.575\%$, 如果平均每周的持货量为 11 台, 则每周持货成本为 $H=1247 \text{ 元/台} \times 0.00575/\text{周} \times 11 \text{ 台} = 78.87 \text{ 元/周}$ 。

关于库存系统的一次性投入, 如建库房、购买设备等, 是否应折算到持货成本中, 这要视具体情况而定。如果库存系统今后要运行非常长的时间, 从理论上来讲, 初期的一次性投入折算到无限长的时间上后单位时间的费用就等于零, 因此这种情况下可以不用考虑。如果一开始就计划库存系统在今后一段较短的时间内运行, 则应考虑将初期的一次性投入折算到单位时间上。

3.1.3 缺货惩罚成本

库存的目的之一就是及时满足顾客的需求, 当需求出现但由于缺货而无法及时满足需求时就会产生成本。这主要表现在两个方面, 一是现时损失, 二是未来损失。现时损失是指失去了销售机会造成的损失, 这部分损失是容易核算的, 比如商家每卖一台电磁炉可以赚 70 元, 当顾客来购买时由于缺货, 则该顾客就会到其他的商店去购买, 这样每失去一

次销售机会就会造成 70 元的损失。对于未来损失,是指由于缺货所造成的顾客对商家失去信任而带来的潜在的损失,如果频繁缺货,顾客就会越来越少。因此,这部分损失将会反映在未来的时间上,而且,对这部分损失进行精确地度量是非常困难的,这是因为信誉本身就难以准确地测量,它反映的是人的感受,即便是相同的事件,不同的人都可能会有不同的感受,至于将其折算到货币量上就更加困难了。

当出现缺货而无法及时满足顾客需求时,有两种处理方式。一是缺货不补(lost sale),顾客通过其他渠道来得到满足,这种方式适合于市场上有许多替代品的情形,如日用品、消耗品等。另一种方式是缺货回补(backorder),当顾客需求具有一定的特殊性和针对性时,他可能无法从其他渠道轻易地得到满足,如特殊类商品,或者顾客认准了某种品牌商标,非从该商家购买不可,这种情况下顾客可等待货物到货之后再取货,相当于缺货后延期交货。这里要指出的是,不要简单地将缺货的现时损失与缺货不补方式挂钩、未来损失与缺货回补方式挂钩,无论是哪种处理方式,都会造成现时损失和未来损失。对于缺货不补,这一点是很容易理解的,而对于缺货回补的情形,表面上看来似乎没有失去销售机会,但由于顾客的需求被保存下来,你必须对其进行维护和管理,这就会带来成本。进一步,如果频繁地缺货给顾客带来不便,他就会考虑是否还有必要继续消费该品牌的商品,甚至可能会转移到你的竞争对手处。

假设每次缺货所造成的惩罚成本为 p ,称其为缺货惩罚成本系数。虽然精确地确定 p 值很困难,但国外有学者作过市场调查和统计分析,发现在许多情况下, p 的取值大致为持货成本系数 h 的 8~10 倍,这为我们确定 p 值提供了一定的参照。

若单位时间的缺货量为 z ,则单位时间的缺货惩罚成本(penalty cost)为

$$P = pz \quad (3.4)$$

3.2 基本概念

库存管理要解决的主要问题是补货时机和补货批量,为此,下面先介绍几个基本概念。

3.2.1 盘点方式

库存管理首先是监测库存状态,或者通常所说的盘点。有两种常用的盘点方式:连续性盘点(continuous review)和周期性盘点(periodical review)。

连续性盘点是时时跟踪库存状态的变化,并根据所查看到的状态作出是否需要进行货物补充的判断。

周期性盘点是在一些规则的时间点查看库存的状态,并根据所查看到的状态作出是否需要进行货物补充的判断,盘点的周期可根据不同的货物而有所不同,如年、季、月、周等。

连续性盘点由于是时时跟踪库存状态的变化,时时都要进行决策,其管理工作量和成本要高于周期性盘点方式,对于一些贵重的、特殊的高价值类货物,应考虑采用连续性盘点方式,以进行精细管理。而周期性盘点方式相对来说管理工作量和成本要低些,比较适合于一些常规货物、易耗品等低价值货物的管理。此外,在批发商、连锁经营的仓储配送中心处,大

多数货物可采用周期性盘点方式,而在它们的下游销售店处,由于商品在柜台通过条形码扫描后,系统能及时地更新货架上的货物量,随时都可以准确地掌握库存的状态,故可采用连续性盘点方式。

3.2.2 补货提前期

补货提前期(leadtime)是指发出补货请求后至货物补充到位所经历的时间长度。

当上游环节是一个生产企业时,从收到来自下游的订单到履行完订单为止的这段时间即为补货提前期。当收单后如果手头上无产品直接满足需求时,则补货提前期是准备时间、生产时间、交货时间的总和;如果手头上有足够的产品,则补货提前期是交货过程所花费的时间。

当上游环节是一个配送中心时,因事先组织好了货源,在收到从下游发来的订单后,补货提前期主要是运输配送过程所花费的时间。当然,偶尔也会碰到配送中心缺货的时候,此时必须等待到货之后才能开始配送工作,则下游所经历的补货提前期是等待时间与配送运输时间之和。

由上可知,补货提前期可能是一项不确定性的参量,在库存管理中,补货提前期的影响很重要,如果补货提前期越小、越稳定,则管理的效果和效率就越理想。因此,对于下游环节来说,总是希望上游环节的补货提前期要小、要稳定。

3.2.3 现有库存量和库存水平

现有库存量(inventory-on-hand)是指手头上所拥有的实际库存量。

库存水平(inventory level)是指现有库存量与缺货量之差。

这里要注意的是,一般现有库存量与缺货量不能同时存在。如果现有库存量大于零,则缺货量就应等于零;反过来,如果缺货量大于零,则现有库存量就应等于零。因此,库存水平可正可负,正值意味着所拥有的实际库存量,负值则意味着所缺货物量。如果是缺货不补的处理方式,则库存水平永远是大于等于零的;如果是缺货回补的处理方式,则库存水平可以成为负值。

如图 3.2 所示,补货提前期对库存水平有显著的影响,在发出补货请求后,由于补货提前期的存在,在货物到达之前,可能会产生缺货。当发生缺货时,两种不同的缺货处理方式在到货后所形成的新的库存水平是不一样的。

3.2.4 将有库存量

先定义在途库存的含义,在途库存是已发出补货请求但尚未到货的货物量。

将有库存量(inventory position)是指库存水平与在途库存之和。

因此,当无在途库存时,将有库存量与库存水平是相等的,而在有在途库存的时间区间里,将有库存量就等于库存水平与在途库存之和,如图 3.3 所示。此外,两种不同的缺货处理方式所形成的将有库存量是不一样的。

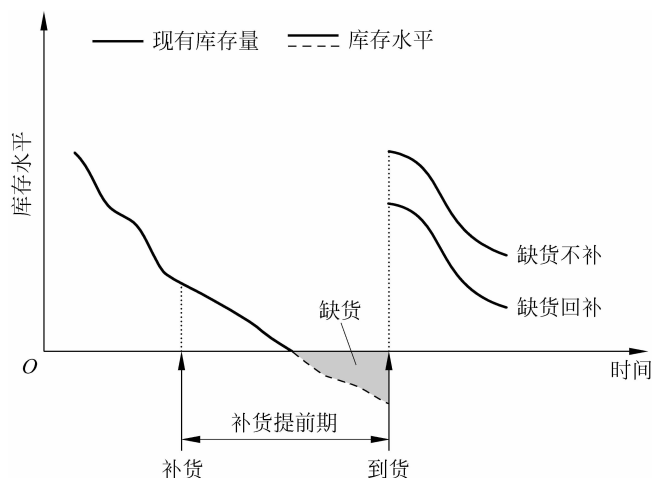


图 3.2 库存水平

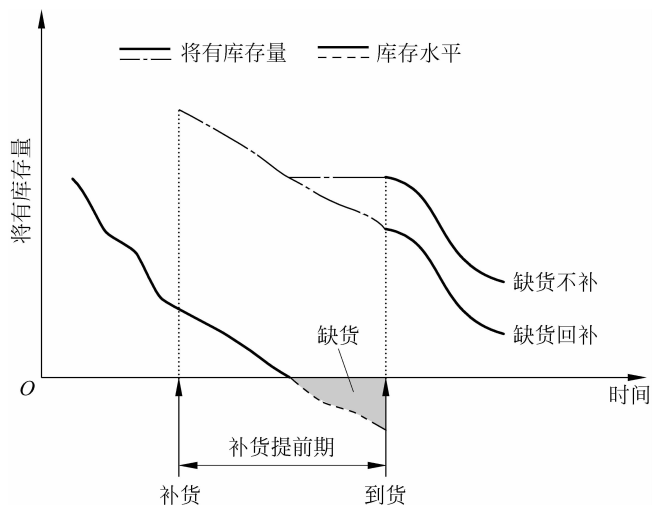


图 3.3 将有库存量

3.3 库存管理方法

当已确定补货时机和补货批量后,在运作过程中就可以按照所确定的补货时机和补货批量来管理库存系统了。

3.3.1 连续性盘点(r, Q)策略

连续性盘点(r, Q)策略是对库存系统进行连续跟踪,当将有库存量下降到 r 或以下时,就发出批量为 Q 的货物补充请求,在经历 L 长的补货提前期后货物补充到位。

在这一策略中,实质上监控的是将有库存量,由于它是库存水平与在途库存之和,当市场需求波动较大时,有可能先前的在途库存还未到货,将有库存量又降到 r 以下了,则马上又发出批量为 Q 的补货请求,也就是说,在某些时段,有可能有两个批次以上的在途库存。

图 3.4 所示为连续性盘点(r, Q)策略的示意图。从图中可知,系统采取的是缺货回补的处理方式,直到第三次补货之前要么无在途库存,要么最多只有一个批次的在途库存。当第三次补货后还未到货之前将有库存量在 t_1 时刻又下降到 r 以下了,在该时刻发出第四次补货请求。此后,在 t_2 时刻第三次补物到货,因此,在 $[t_1, t_2]$ 时间区间内,共有两个批次的在途库存。

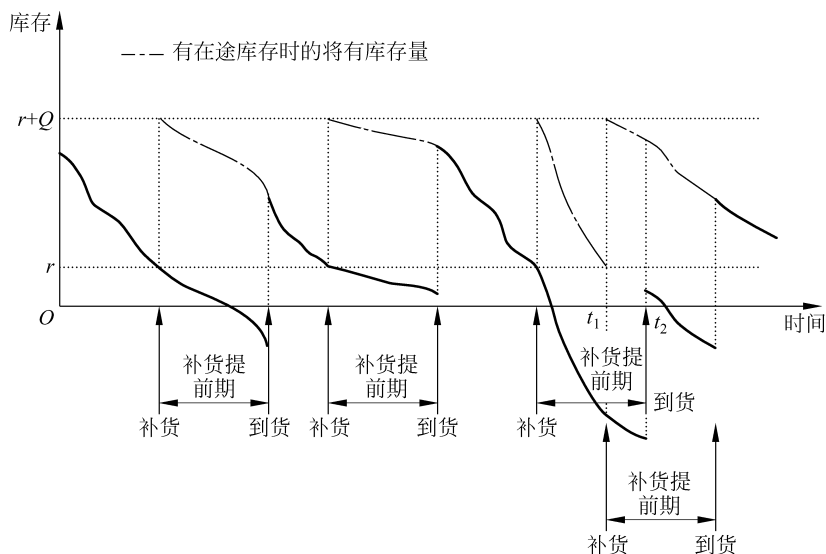


图 3.4 连续性盘点(r, Q)策略

对于连续性盘点(r, Q)策略,若采取缺货回补的处理方式,理论上, r 的取值既可以是正值,也可以是负值,而 Q 必须取正值。若采取缺货不补的处理方式,则 r 的取值应大于等于零,而 Q 必须取正值。

3.3.2 周期性盘点(s, S)策略

周期性盘点(s, S)策略是周期性地查看库存状态,在盘点时刻如果将有库存量处在 s 以上时,不作补充;在盘点时刻如果将有库存量处在 s 或以下时,就将将有库存量补充到 S 。

图 3.5 所示为周期性盘点(s, S)策略的示意图,从图中可知,系统采取的是缺货不补的处理方式。在第一个盘点时刻,将有库存量大于 s ,因此,在该时刻不作补充。在第二个盘点时刻,将有库存量处在 s 以下,在该时刻发出补货请求,补货批量是当前的将有库存量与 S 的差值,即将将有库存量补充到 S ,在经历一个补货提前期后货物到货。在第三个盘点时刻,系统已处在缺货状态,因此,在该时刻补货批量应为 S 。

对于周期性盘点(s, S)策略,若采取缺货回补的处理方式,理论上, s 和 S 的取值既可以是正值,也可以是负值,但应满足 $s \leq S$ 。若采取缺货不补的处理方式,则 s 应大于等于零,

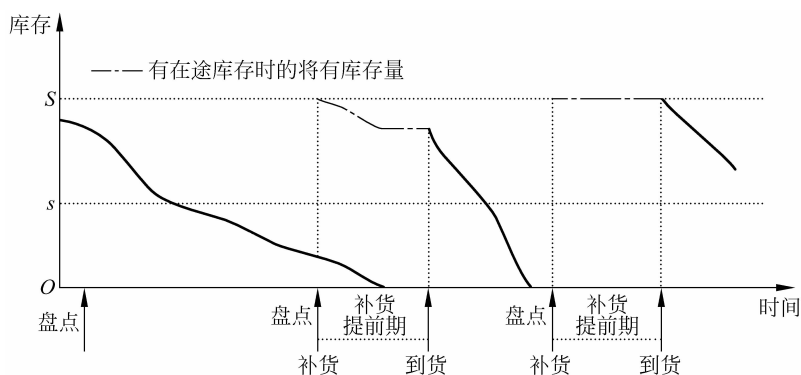


图 3.5 周期性盘点(s, S)策略

而 S 的取值应为正值,且满足 $s \leq S$ 。

3.3.3 其他管理策略

除了前面介绍的两种代表性的管理策略外,还有一些常被使用的管理策略。

连续性盘点基准库存策略: 连续跟踪库存系统的状态,设置一个基准值,只要市场一产生需求使库存量下降,就将将有库存量补充到该基准值。这一策略适合于补货启动费用等于零或补货启动费用很低的库存系统。这点很容易直观地理解,因为补货并不带来启动费用,频繁补货并不会使系统的运行成本增加,所以可以做到只要库存量一下降就将其补回到最合适的量上。

周期性盘点基准库存策略: 周期性地查看库存系统的状态,设置一个基准值,在盘点时刻如果有库存量处在该基准值以下时,就将将有库存量补充到该基准值。同样,这一策略适合于补货启动费用等于零或补货启动费用很低的库存系统。可以将这一策略看成是周期性盘点(s, S)策略的特例,它相当于 s 与 S 相等的情形,此时图 3.5 中的 s 线与 S 线重合。

连续性盘点(s, S)策略: 连续跟踪库存系统的状态,如果将有库存量处在 s 以上时,不作补充,只要将有库存量一降到 s 或以下,就将将有库存量补充到 S 。如果在每次补货时刻将有库存量正好都等于 s ,则每次补充的批量是 s 与 S 的差额,这与连续性盘点(r , Q)策略是相同的。但如果市场可产生批量需求时,在补货时刻将有库存量就有可能处在 s 以下,此时两种策略就不一样了,(r , Q)策略是按照固定的批量 Q 来补货,而(s , S)策略就不是按照固定的批量来补货。另外,连续性盘点基准库存策略可看成是该策略的特例。

连续性盘点($S-1$, S)策略: 对于离散类型的货物,只要市场需求消耗了一个单位的货物,就发出一个单位货物的补货请求。

双箱策略: 系统有两箱货物,当前一箱货物被市场需求消耗完后就开始使用后一箱货物,同时对空箱进行货物补充。显然,这一策略实际上是($S-1$, S)策略当 $S=2$ 时的特例。

3.3.4 多品种货物 ABC 方法

一般来说,一个库存系统所管理的货物不止一个品种,通常多达成百上千个品种。如果

对每个品种的货物都进行精细地管理,则工作量将非常庞大,管理成本会很高,显得不经济。

事实上,许多品种库存系统呈现有如下的 20-80 规律,就是在所有的货物中,20% 的货物拥有的价值占总价值的 80% 以上,超过 50% 的货物所占有的价值不到总价值的 5%,如图 3.6 所示。

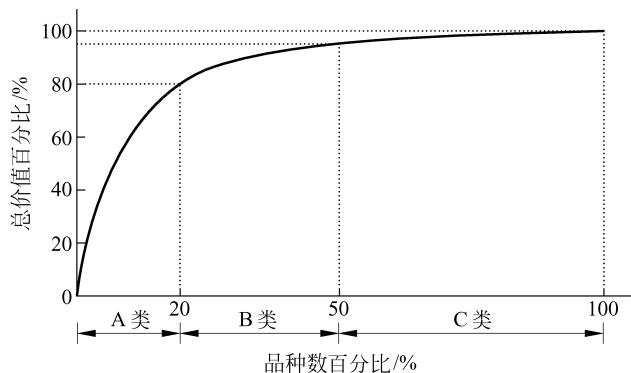


图 3.6 ABC 分类

在现实社会里,20-80 现象非常普遍,如不到 20% 的人群拥有的财富占社会总财富的 80% 以上,而超过 50% 的人群所拥有的财富却不到社会总财富的 5%。还有,一个企业的业务包含众多的事业部,但其中不到 20% 的事业部为公司创造了 80% 以上的效益,而多达 50% 的事业部为企业创造的效益不到 5%。诸如此类的例子,在我们日常生活中普遍存在。

这里所说的 20-80 是一种带有规律性的现象,并不一定必须是精确的二八开,也可以是三七开,甚至是四六开,对此,都可以将它们通称为 20-80 现象。

在库存系统中,如果不同品种的货物所具有的价值差别很大,就应对它们进行分类,并采用不同的方式来进行管理。ABC 方法将占总品种数约 20% 但具有总价值约 80% 的品种归为 A 类,占总品种数约 50% 但只具有总价值约 5% 的品种归为 C 类,其余的归为 B 类。

对于 A 类品种的库存,由于货物的价值较高,应进行精确的管理,可考虑采用连续性盘点(r, Q)策略。对于 C 类品种的库存,由于货物的价值较低,应进行简单的管理,可考虑采用周期性盘点(s, S)策略。而对于 B 类品种,可视具体情况选用合适的管理方式。

3.4 库存额的估算

通常一个仓储中心会储存许多不同品种的货物,通过系统的运行可以获得收益。如同 3.3.4 节的 ABC 原理,每种货物对系统的贡献是不一样的,管理者比较关心各品种货物的库存额以及仓储中心的总库存额的状况。进一步,如果一个公司要在不同的地点建立多个仓储中心时,掌握总库存额与仓储中心的数量之间的关系,对于规划物流网络系统是有参考价值的。

3.4.1 单仓储中心

通常,我们容易掌握和核算系统的总年度营业额,但有时我们会关心各种货物的年度平

均库存额,即各种货物的年度平均库存资金,这和库存的周转率有关。例如,假设某货物的年度营业额为 100 万元,该货物的库存周转率是 1 次/年,则年度平均库存资金是 100 万元,如果能设法提高库存周转率到 2 次/年,则年度平均库存资金是 50 万元,这样,就可以用更少的投入达到同样的年度营业额 100 万元的目标。

对于一个多品种货物的库存系统,当已知系统的总年度营业额和各类货物的年度周转率时,如何分析各种货物的年度平均库存额呢?

可以采用 3.3.4 节中的 ABC 原理进行近似的估算。

首先,将货物按照年度营业额的大小进行排序,然后,用数学函数来表达图 3.6 中的 20-80 规律,即用数学函数来拟合图中的曲线,这可以选用不同的数学函数形式,通常可采用下列方程式:

$$y = \frac{(1+\beta)x}{\beta+x} \quad (3.5)$$

式中: y ——累积营业额百分比;

x ——累积货物种类百分比;

β ——待定常数。

关于待定常数 β ,由式(3.5),有

$$\beta = \frac{x(1-y)}{y-x} \quad (3.6)$$

因此,可根据已有数据来确定待定常数 β 。例如,当已知前 20% 的货物贡献了 80% 的营业额时,将 $x=0.2, y=0.8$ 代入式(3.6)后,可得

$$\beta = \frac{0.2 \times (1-0.8)}{0.8-0.2} = 0.067$$

如果系统中共有 M 种货物,则排在最前面的货物所对应的 x 的取值为 $x_1=1/M$,排在第二位的货物所对应的 x 的取值为 $x_2=2/M$,排在第三位的货物所对应的 x 的取值为 $x_3=3/M$,依此类推,利用式(3.5)可分别算出累积的营业额百分比 $y_1, y_2, \dots, y_M$ 。

假设系统的总年度营业额为 R ,则前 m 种货物的累积营业额为 Ry_m 。

记第 m 种货物的营业额为 r_m ,显然,第 m 种货物的营业额是前 m 种货物的累积营业额与前 $m-1$ 种货物的累积营业额的差,故有

$$\begin{cases} r_1 = Ry_1 \\ r_2 = Ry_2 - Ry_1 \\ \vdots \\ r_M = Ry_M - Ry_{M-1} \end{cases} \quad (3.7)$$

例 3-2 某库存系统经营 10 种货物,总年度营业额为 $R=100$ 万元,根据数据分析可知 20% 的货物种类的年度营业额占总年度营业额的 75%。试计算各种货物的营业额。

解: 由式(3.6)可得

$$\beta = \frac{0.2 \times (1-0.75)}{0.75-0.2} = 0.091$$

再根据式(3.7)可计算各种货物的营业额,将数据汇总至表 3-1 中。

当第 m 种货物的年度周转率为 n_m 时,则该货物的年度平均库存额 v_m 就是 $\frac{r_m}{n_m}$,即有