

矿山运输系统中缓冲仓的设置^①

王喜富 才庆祥 张幼蒂 张达贤

(中国矿业大学采矿系, 徐州 221008)

摘 要 通过分析缓冲仓在矿山运输系统中的作用, 提出了矿山运输系统总产出能力的计算方法。以系统总产出能力最大为目标, 给出了确定缓冲仓合理容积的方法。同时也分析了缓冲仓的合理位置问题。

关键词 矿山运输系统 缓冲仓 系统产出能力

矿山运输系统中, 设于两台设备中间的缓冲仓或储料场具有增加系统生产能力的作用。缓冲仓通过自身的容量, 将运输系统的设备连接起来, 其内部的物料含量时满时空, 正是通过其对物料的存贮功能, 使得它具有缓冲运输系统中物料的能力, 从而增加了运输系统的总产出能力。

矿山运输系统是一个复杂的大系统, 一般情况下, 从工作面到成品料场或用户有 3~5 处设有缓冲仓或储料场。以某露天矿地面生产系统为例, 该矿矿石从工作面由汽车运输至半固定破碎机, 然后再通过若干台胶带机, 两台堆, 取料机, 两处缓冲仓, 一个储矿场, 一个成品矿仓, 运至最终的装车仓, 如图 1 所示。

缓冲仓设置的合理与否, 直接关系到全运输系统能力的发挥及经济效益的好坏。设置缓冲仓主要解决两个问题: 一是合理容积的确

定, 另一个是它的位置。本文从缓冲仓在运输系统中的作用出发, 提出确定缓冲仓合理容积的方法, 并研究其设置位置的合理性。

1 缓冲仓在运输系统中的作用

如图 2 所示, 设于两台设备中间的缓冲仓具有如下三种作用。

1.1 事故容量^[1]

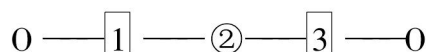


图 2 运输系统简图

①, ③—缓冲仓前后运输环节; ②—缓冲仓

(1) 当设备 1、2、3 都正常作业时, 缓冲仓具有直接转运物料的作用;

(2) 当设备 3 出故障时, 设备 1 可继续向缓冲仓 ②输送物料, 直到缓冲仓 ②满仓为止;

(3) 当设备 1 故障时, 缓冲仓 ②可继续向设备 3 输送物料, 直到缓冲仓 ②空仓为止。

1.2 缓冲容量^[1]

当设备 1 的单位时间运输能力大时, 设备 3 只能借助缓冲仓把物料贮存起来, 再用后面运输环节剩余时间($t_3 - t_1$)把物料运走, 即

$$q_1 t_1 = q_3 t_3 \quad (q_1 > q_3, t_1 < t_3) \quad (1)$$

式中 q_1, q_3 —设备 1, 3 的单位时间运量,

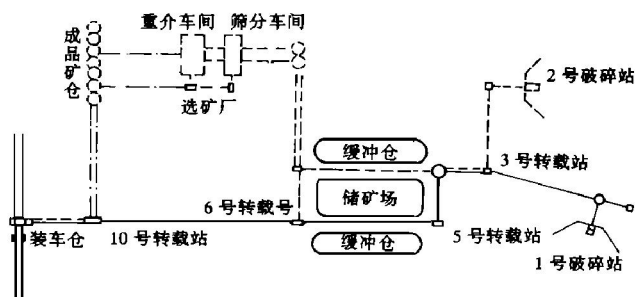


图 1 某露天矿地面生产系统

① 收稿日期: 1996-06-07; 修回日期: 1997-03-03

王喜富, 男, 33岁, 副教授, 博士

t/h ; t_1 , t_3 —设备 1, 3 的工作时间。

1.3 工艺容量

缓冲仓前后运输环节工艺不同, 要求缓冲仓必须贮存的物料量叫工艺容量。

从以上缓冲仓的作用可以看出, 运输系统产出能力是缓冲仓容积的函数。当缓冲仓容积为零时, 而且当设备 1、3 都正常作业时, 系统产出能力为设备 1 或 3 的最小运输能力。如果缓冲仓的容积足够大, 那么系统总产出量将达到设备 1 或 3 中能力较大的那台设备的运输量。因此我们希望设置一定容积的缓冲仓或容积较小的缓冲仓而获得较大的系统能力增加, 而不是设置过大容积的缓冲仓。随着缓冲仓容积的不断增加, 容积增加边界效益将会逐渐减小。

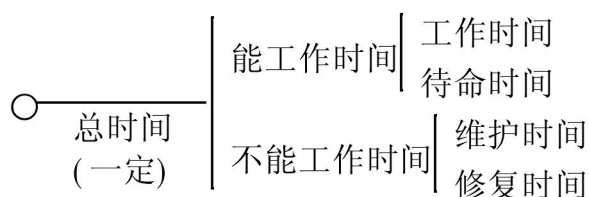
从系统优化的角度看, 存在一个缓冲仓最佳容积, 使系统总产出量或系统总经济效益最大。当然, 运输系统能力除了是缓冲仓容积的函数外, 还与矿山运输系统中各设备的能力及其有效度有关。

2 缓冲仓容积的确定

缓冲仓的容积与矿山运输系统中的各设备运量、设备及系统有效度以及系统生产能力等因素有关。本文以这些参数为基础, 以系统总产出量最大及经济效益最佳为目标来确定运输系统中缓冲仓的合理容积。

2.1 设备运量、有效度及其固有能

运输系统中各设备时间结构如下:



各种时间状态含义如下:

工作时间: 即无故障工作时间, 指产品完成规定功能的时间, 即系统启动以后开始运转进行输送作业到系统停止运转终止输送作业的时间。

待命时间: 产品处于能完成规定功能的状况, 但并不进行工作的时间。

维护时间: 维护准备与维护实施时间之和。

修复时间: 从发现故障到系统恢复规定功能所需的时间, 即故障诊断、修理准备及修理实施时间之和。

设备运量是指设备连续作业时单位时间内的产量。设备有效度可定义如下:

$$\eta = \alpha / (\alpha + \beta) \quad (2)$$

式中 η —设备有效度; α —设备平均能工作时间, h ; β —设备平均停产时间, h 。

上式计算未考虑外部影响。设备固有能

$$A = \eta q \quad (3)$$

式中 A —设备固有能, t/h ; q —设备运量, t/h 。

2.2 缓冲仓的作业

2.2.1 缓冲仓内物料的变化

由于进出缓冲仓的物料量随着时间变化而变化, 所以缓冲仓内物料量亦不断变化。显然此变化值为进入仓内物料量减去出仓的物料量。若缓冲仓前后两设备运量相等, 则此变化值为零。然而实际生产中, 单位时间内进出仓内的物料量是不断变化的, 因此缓冲仓内物料量亦不断变化。

2.2.2 运输系统能力损失

当缓冲仓内物料量达到其容积或为零时, 系统则发生能力损失。系统能力损失值为仓内物料量概率密度函数乘以当满仓及仓内物料低于某一限时仓内物料量的变化值。如图 3 所示, 为概率密度函数 $\Phi(t)$ 为正态分布时, 系统产量损失情况。此时系统能力损失为^[2]

$$A_s = \int_{\frac{V}{2}}^{\infty} \left(t - \frac{V}{2} \right) \Phi(t) dt \quad (4)$$

式中 t —系统平均作业时间; $V/2$ —缓冲仓内物料量为其容积的 1/2 时的系统作业时间 (此点可任意选定), h ; $\Phi(t)$ —仓内物料量概率密度函数。

2.3 运输系统产出能力的确定

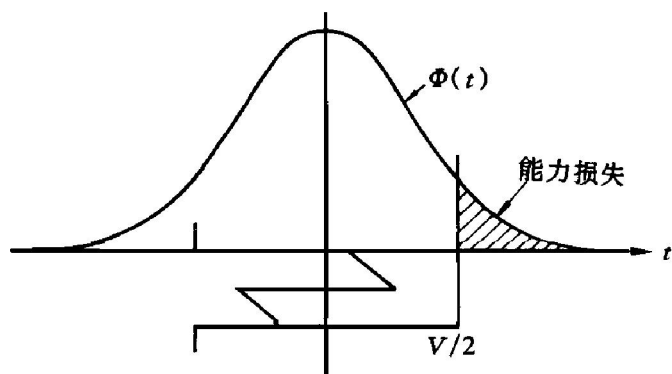


图3 系统产量损失图

2.3.1 简单系统产出能力

如图2所示, 1、3环节为胶带机或其它运输设备, 环节2为缓冲仓, 则系统能力如下:

(1) 假设1、3环节设备固有能力和其单位时间运量相等, 则其能力为^[4]

$$Q_1 = I_1 \eta_1 \eta_3 F + I_3 \eta_3 (1 - F) \quad (5)$$

式中 Q_1 —系统产出能力, t/h; I_1 、 I_3 —设备1、3的运量, t/h; η_1 、 η_3 —设备1、3的有效度; F —能力损失系数。

系统能力损失系数与系统产量损失(如图3所示)有关。

能力损失系数 F 计算如下:

例如, 缓冲仓内物料量为其容积 1/4 的频率为 0.25, 缓冲仓内物料量为其容积 1/2 的频率为 0.5, 缓冲仓内物料量为其容积 3/4 的频率为 0.25, 则

$$F = 0.25F\left(\frac{1}{2}k\right) + 0.5F(k) + 0.25F\left(\frac{3}{2}k\right) \quad (6)$$

式中 $k = \frac{1}{2} V/S$, V —缓冲仓容积, $S = [(S_1)^2 + (S_3)^2]^{1/2}$, S —缓冲仓内物料量变化的标准差, $S_1 = I_1 \alpha_1 (\eta_1)^{1/2}$, $S_3 = I_3 \alpha_3 (\eta_3)^{1/2}$, α_1 、 α_3 —设备1、3的平均修复时间。其中

$$F\left(\frac{1}{2}k\right) = (2\pi)^{1/2} \times [\Phi(k) - k(1 - \Phi(k))] \quad (7a)$$

$$\Phi(k) = (2\pi)^{-1/2} e^{-k^2/2} \quad (7b)$$

$$\Phi(k) = (2\pi)^{-1/2} \int_{-\infty}^k e^{-t^2/2} dt \quad (7c)$$

$F(k)$ 及 $F(\frac{1}{2}k)$ 依此类推。

(2) 假设1、3环节单位运量不同但固有能力和相同, 则其能力为

$$Q_2 = \min(I_1, I_3) \eta_1 \eta_3 F + I_3 \eta_3 (1 - F) \quad (8)$$

2.3.2 复杂系统产出能力计算

以某露天矿地面生产系统之一子系统为例, 如图4所示。该系统产出能力计算为^[3]

$$Q' = qp \quad (9)$$

式中 Q' —系统产出能力, t/h; q —系统平均运量, t/h; p —系统可靠度。其中 p 与系统中缓冲仓容积、位置以及各环节有效度有关。

$$Q = qpT_n \quad (10)$$

式中 Q —系统年产出能力, t; T_n —一年作业小时数, h。

为了确定系统年产出能力与缓冲仓容积 V 的关系, 本文以某露天矿半连续运输系统之一子系统(如图4所示)为例, 该系统从I号破碎机开始, 经过103、110、111胶带输送机, 容积较小的缓冲仓A、306胶带机、容积较大的储矿场(308)、501、502胶带机直至装车仓C, 装车仓装载铁道列车。应用系统可靠性数字仿真方法来研究确定缓冲仓容积与系统可靠度之间的关系。以系统最大产出为目标, 来确定合理的缓冲仓容积, 仿真结果如图5所示。

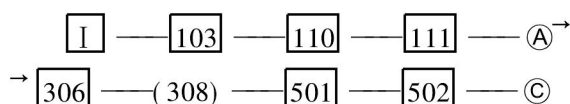


图4 某露天矿运输系统之一子系统等效图

注: 308为储矿场

图5中A、AA分别表示不考虑列车间隔时及考虑列车间隔时系统的可靠度。为了寻求缓冲仓最佳值, 以系统总产出能力最大, 总经济效益最佳为目标, 依据随着缓冲仓容积不断增加, 容积增加边界效益逐渐减小的规律, 可以得到缓冲仓(储矿场)容积最佳值为10万t。

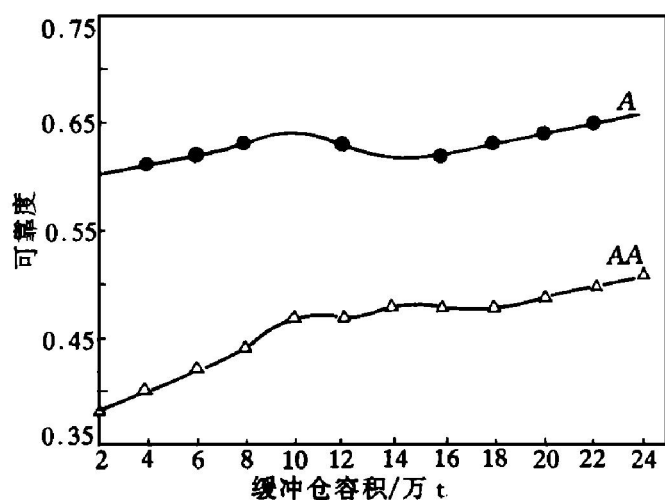


图5 缓冲仓容积与系统可靠度关系

3 缓冲仓合理位置确定

矿山运输系统中, 一般有 3~5 处设有缓冲仓, 其位置合理与否, 直接影响其在运输系统中的作用。通过研究系统能力, 系统可靠度与缓冲仓的关系, 得到以下关于缓冲仓位置设置的结论:

(1) 为了增加系统可靠度, 提高系统的生产能力, 减少事故影响, 缓冲仓最佳位置应设在缓冲仓前、后各环节硬性串联有效度大致相等的地方, 如图 2 所示, $\eta_1 = \eta_3$, 此时设置缓冲仓可使系统可靠度增加到它的最大值, 为下式示:

$$P_Z = \min(\eta_1, \eta_3) - \eta_{13} \quad (11)$$

式中 P_Z — 设置缓冲仓能增加系统可靠度的最大值; η_{13} — 环节 1、3 串联系统的可靠度。

(2) 若系统中有一环节有效度最低, 缓冲仓最好设在它的前部或后部, 以使它的前部或后部环节呈软性连接, 使系统可靠度提高。

4 结论

(1) 本文通过讨论缓冲仓在矿山运输系统中的作用及缓冲仓与系统可靠度的关系, 提出了确定缓冲仓合理容积的原则与方法。

(2) 通过缓冲仓与系统可靠度的研究, 提出了缓冲仓的合理设置位置。

(3) 矿山运输系统中设置缓冲仓可增加系统可靠度, 从而增加系统的生产能力。若缓冲仓位置设置合理, 增加系统可靠度及生产能力幅度将更大。

参考文献

- 1 唐祖章. 煤炭学报, 1993, (1): 27.
- 2 Koenigsberg E. Management Science, 1959, 5: 118-120.
- 3 王喜富. 学位论文. 中国矿业大学, 1993: 30-33.
- 4 Elbrond J. In: Proceedings of Preprint CIM Annual Convention, Canada, 1969.

ALLOCATION OF SURGE BUNKER IN MINE HAULAGE SYSTEM

Wang Xifu, Cai Qingxiang, Zhang Youdi, Zhang Daxian
China University of Mining & Technology, Xuzhou 221008

ABSTRACT Based on the function analysis of surge bunker in mine haulage system, the authors proposed the calculation methods of the total output of a mine haulage system. Taking the maximum of system total throughput as a objective, the method of determining the surge bunker rational size has been put forward. Also, the problems of rational position of surge bunker were analysed.

Key words mine haulage system surge bunker system output

(编辑 何学锋)