

# 矿井生产运输系统的随机模拟

RANDOM SIMULATION OF THE PRODUCTION SYSTEM OF A MINE

曹 树 刚      齐 庆 杰  
Cao Shugang      Qi Qingjie

(资源与环境工程系)

**摘 要** 利用系统分析原理,以某矿井生产运输系统实际的数理统计为基础,对该系统各环节在数值计算机上作了动态的随机模拟,考察了不同参数条件下系统的运行过程,并在技术经济等方面对系统进行了综合分析。研究结果可为矿井生产运输系统的优化设计和科学管理提供决策依据。

**主题词** 矿井; 输送; 系统; 随机; 模拟  
中国图书资料分类法分类号 TP82-9

TD672

**ABSTRACT** The production-transportation system in a mine is analysed with the principle of system analysis in this paper and the working process of this system is simulated with the technology of random simulation in a computer. Finally, the optimal projects of designing and administering are put forward.

**SUBJECT WORDS** underground mines; transport; systems; random; simulation

## 一、典型矿井生产系统

矿井运输系统是矿井生产的大动脉。任一环节发生故障,均会导致矿井生产的停滞。由于我国大多数矿井均为走向长壁式布置的开采方式,故选定具有代表性的我国南方某煤矿第二生产水平的运输系统作为模拟对象。

表 1

工 作 地 点	运 输 形 式	运 输 能 力	工 作 时 间 (h/班)
回采工作面	铁溜槽自溜	60(t/h)	5
区段运输平巷和区段石门	20B型刮板输送机	80(t/h)	5
采区上山	搪瓷溜槽自溜	150(t/h)	5
水平运输大巷	8t蓄电池机车, 2t矿车, 25个/列	50(t/次)	8
井 筒	箕 斗	5.25(t/次)	8

收文日期 1989年5月31日

该矿生产条件：竖井石门分区开拓方式及联合布置采区回采缓倾斜煤层群。目前生产水平为第二水平，矿井年产煤45万吨，分四个采区，各有一个回采工作面生产。矿井运输系统主要参数见表1。

## 二、构造模型的原始数据和原则

将模拟对象分为采区、大巷运输及矿井提升三个子系统。由现场大量的实际观测所得到的原始数据作为模拟依据，并对模型结构作了一些必要的规定。

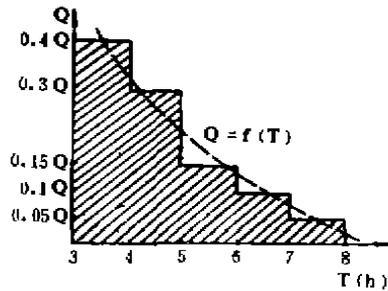


图1 工作面出煤统计规律

### (一) 采区生产子系统

全矿有同采采区四个，同采工作面四个，均为三班回采作业方式，爆破落煤。每班均有出煤与非出煤两种作业状态，故产生间断性煤流。调查现场生产过程，每班八小时仅后五小时出煤，出煤量分别为40%，30%，15%，10%，5%，见图1。从图中可以看出工作面出煤量 $Q$ 与出煤时间 $T$ 服从某种函数关系，即： $Q=f(T)$  (1)

在不同类型的工作面，式(1)的具体形式不同。

模型构造中考虑了区段煤仓的作用，但未确定其容量。

### (二) 大巷运输子系统

大巷采用双轨线路布置。模拟过程中，只考虑运煤列车的调度问题，按工作班次安排运输，矸石、材料和其它物品运输插空进行，人员运输在交接班时间内进行。列车装卸煤时间（包括故障等待时间）受随机因素影响，而运行时间可取定值（见表2）。

表 2

单位：min

采 区	运 行 时 间	重 车 入 场	空 车 运 行	重 车 运 行
1	5.5	2.5	7	8
2	4.5	2.5	6	7
3	9.5	2.5	10	12
4	10.5	2.5	11	13

正常情况下，每班初始状态为空列车自井底车场依次发车，结束状态为列车全部返回井底车场。空列车发车原则：

- (1) 空列车向煤仓内煤量相对最大的采区的装煤站发车；
- (2) 发车时采区煤仓煤量至少有一列车的装载量；
- (3) 空列车发车时，要求目的站及通向目的站的途中没有其他列车。

### (三) 矿井提升子系统

矿井主提升为箕斗提升形式。每次提升量5.25t，提升时间（包括休止时间）2min。

(四) 其它规定

1. 事故影响

模型结构以矿井正常生产为基础，不考虑超过两小时的“大事故”影响，即选择设备能力和煤仓容量能适应两小时以内的随机性“小事故”的影响。采区和工作面的“小事故”已包含在非出煤状态中，不再单独考虑。

运输设备和煤仓发生故障的次数、延续时间是随机的，一般服从负指数分布，可用有效度  $A$  表示：

$$A = \frac{a}{a+b} \quad (2)$$

式中： $a$ ——设备或煤仓正常工作时间；

$b$ ——设备或煤仓出故障时间。现场实测各环节有效度一般为 0.80~0.95。

2. 矿井煤仓

模拟过程中，首先模拟矿井井底车场煤仓和采区煤仓的可能容量，找出其极限值，然后按数理统计方法优化出合理的煤仓容量。

### 三、模拟方法及编制源程序

以前述的调查统计和规定为基础，编制随机模拟源程序。程序总框图，见图 2。

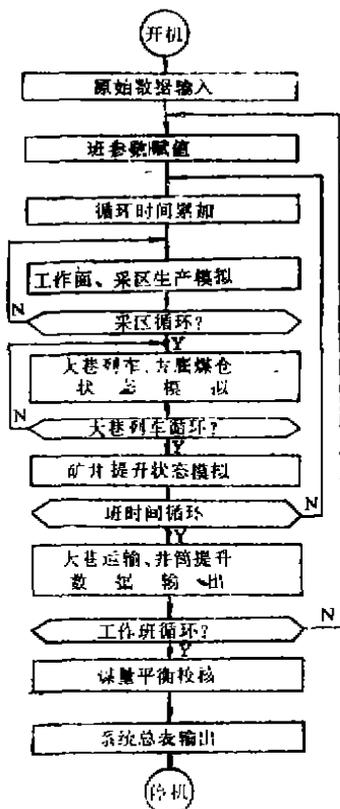


图 2 源程序框图

(一) 采区子程序

采区部分模拟的主要内容：工作面间断煤流的产生过程；采区间断煤流的形成；采区煤仓煤量的变化。

某采区有  $n$  个工作面同采时，在采区运输上山中将形成  $n$  个间断煤流的顺序迭加煤流。由于采区上山的集中运输能力有限，必存在“限流”问题。限流原理见图 3。图中  $Q$  表示  $T$  时刻由工作面进入采区上山的煤流量；下标  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  为煤流量随时间变化的顺序号。已知采区每班集中运

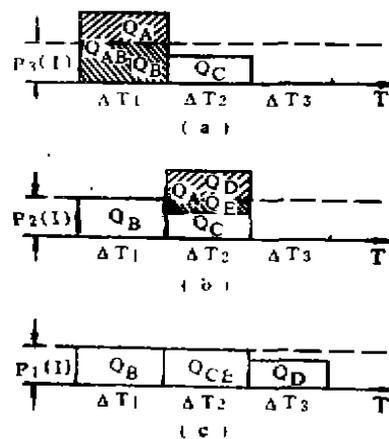


图 3 采区上山限流原理

输能力为 $P_3(I)$  ( $I$ 表可采区号)。限流后, 上山多余煤量顺次转为下一循环时间内的煤量。

矿井生产运输的随机性, 使矿井煤仓煤量变化也具有随机性。

采区煤仓在某时刻的煤量:

$$V(I) = V'(I) + M(I) - Q_1(I) \tag{3}$$

井底煤仓在某时刻的煤量:

$$V_3 = V_3 + Q_6 - Q_9 \tag{4}$$

式中:  $M(I)$ 、 $Q_1(I)$ 分别为 $I$ 采区运输上山在某时刻输入量和该时刻从采区煤仓装入矿车的煤量;

$Q_6$ 、 $Q_9$ 分别为某时刻井底车场翻笼卸煤量和井筒箕斗提升量。依据式(3)、(4)模拟每时刻各煤仓煤量变化情况。

### (二) 大巷运输子程序

大巷的列车运行及调度, 既受采区生产约束, 又受各煤仓容量和矿井提升能力的限制, 而运输过程本身也受一些随机因素的影响, 可视为随机服务系统。

大巷矿车运输中运煤列车所处的基本状态有四种, 即装车、重车运行、卸车和空车运行。针对本文模拟的实际对象, 增加了重车在井底车场重车线等待及空车在井底车场空车线等待两种状态。见图4, 六种状态呈循环方式进行, 用“最小事件步长法”构成模型。

大巷运输系统模拟的关键是井底车场部

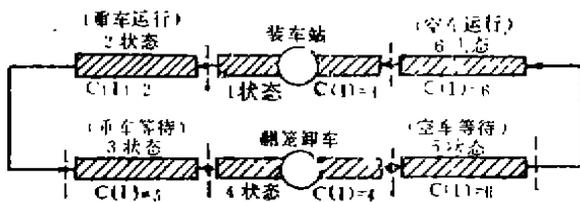


图4 大巷运输随机系统

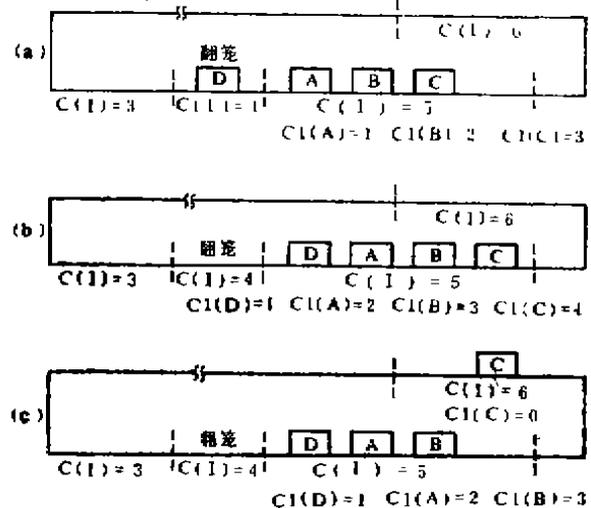


图5 空车排队与发车原则

分。该部分包括重列车排队等待、卸煤、空列车排队等待和发车等四个环节。发车原则前已确定。空列车排队原理见图5, 重列车排队等待卸煤的模拟原则与其相同。

设 $T$ 时刻井底车场空车线上有 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 三列车处于空车等待状态(实际在主石门中等待), 则列车状态参数 $C(A)=C(B)=C(C)=5$ , 如图5(a)。设空车队中最后一列车排队序号为1, 其前一列车排队序号依次加1, 即 $C_1(A)=1$ ,  $C_1(B)=2$ ,  $C_1(C)=3$ 。如此时刻又有 $D$ 列车经卸煤后进入空列车队中, 则 $C(D)=5$ 。令 $C_1(D)=1$ , 则 $C_1(A)=2$ ,  $C_1(B)=3$ ,  $C_1(C)=4$ 。将排队序号最高的列车变为空车运行状态, 发往需列车的采区, 见图5(c), 即 $C$ 列车先发车,  $C(C)=6$ ,  $C_1(C)=0$ , 空列车队长减1。按此原理, 循环往复地排队、发车。

**(三) 矿井提升子系统**

箕斗井每次提升量为常量，由于故障影响和煤仓是否有煤，在一定时间内提升次数和提升量都是随机的。对此采用“时间步长法”进行模拟。

模拟过程中，最主要的问题是时间步长 $\Delta$ 的确定，受提升一次所需时间 $T$ 限制，为精确地反映提煤量和井底煤仓内煤量变化，求得井底煤仓的合理容量，时间步长必须小于或等于提升一次的时间。

**(四) 数据及图形输出**

模拟过程中，根据需要可输出三类不同的数据及图形。

1. 采区部分：工作面和采区的班产量、日产量；采区煤仓在各时刻的煤量。
2. 大巷运输部分：列车运行状态考查表和空车发车调度表及列车平均运行时间、列车利用系数；采区煤仓煤量值与图形，井底车场卸煤量。
3. 井筒提升部分：井底煤仓煤量与图形；矿井提升量和提升次数等。

**(五) 煤量平衡检验**

煤量平衡，指由模拟第一生产班开始，到最后生产班结束，采区生产煤量与大巷运输煤量、井筒箕斗提升煤量之平衡。采区生产总煤量加采区煤仓初始量应等于大巷运输总量加采区煤仓余煤量，二者差值为 $Y_1$ ；大巷运输总量加采区煤仓初始量应等于井筒提升总量加井底煤仓余量，二者差值为 $Y_2$ 。源程序在总表输出中安排了煤量平衡校核语句。煤量平衡，则 $Y_1$ 、 $Y_2$ 值趋于零，否则应找原因。

**四、模拟结果分析**

根据前述的实际的矿井生产系统，模拟了列车数分别为2~4列时系统10个生产班的运行过程，模拟的部分结果见图6和图7

(矿井列车数为3；图中状态标识符的下标为采区编号)。

**(一) 采区煤仓容量**

作为采区上山与大巷运输的缓冲环节，采区煤仓的容量不仅与采区生产的峰值有关，还与大巷运输条件有关。在采区生产煤量不变条件下，列车数目愈多，大巷运输愈快，采区煤仓峰值愈小(见表3)。但合理的采区煤仓容量应与最佳列车数目综合起来考虑。

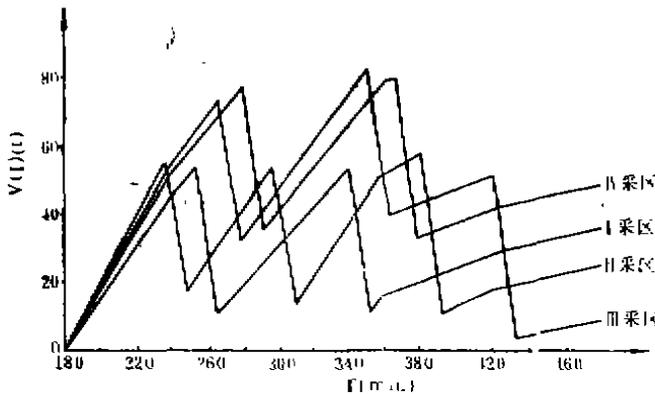


图6 采区煤仓煤量变化

表 3

列车数	采区煤仓峰值				班运煤次数	班运量(t)	列车总闲时(min)	井底煤仓班峰值(t)
	1	2	3	4				
2	57.0	74.0	89.0	90.0	10	500	517	29.00
3	54.0	57.6	81.8	80.0	10	500	997	45.25
4	54.0	54.0	56.0	79.6	10	500	1097	45.25

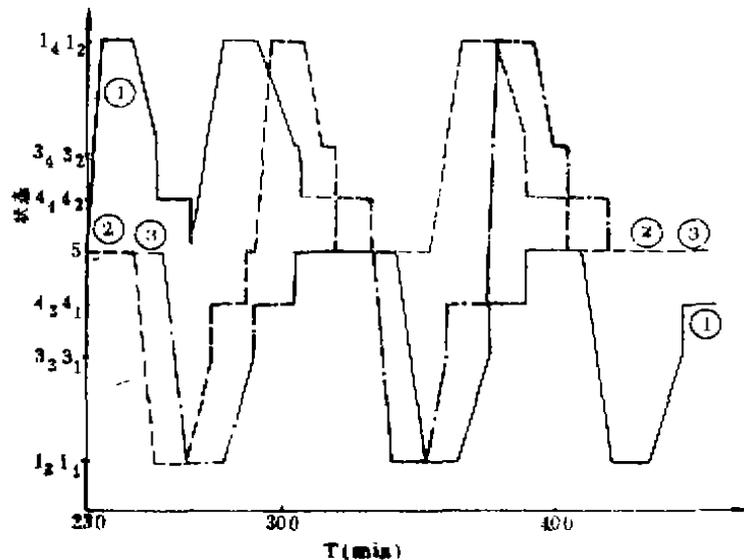


图7 大巷列车运行图表

粗线表示发往1、2采区的列车运行诸状态，细线表示发往3、4采区的列车运行诸状态；①—第 $i$ 列车。

## (二) 井底煤仓容量

井底煤仓容量受两方面限制，即大巷运输和井筒提升的限制。不同列车数目时井底煤仓煤量峰值的最大值见表3。正常情况下，箕斗每次提煤5.35t，提升时间2min，翻笼在2min内卸煤7.14t。随大巷列车数目增加，井底煤仓煤量峰值也将增加。如减小井底煤仓容量，要求减少大巷运煤列车数。

## (三) 合理的列车数

由图7知，3台列车运行时，每班各列车周转次数为4、3、3，共运煤10次，运输量500t，在4小时左右完成运输任务。2台、4台列车运行结果见表3。从该表知，两台列车也能完成运输任务，总等待时间最少。由于本模拟过程没有考虑大巷故障与列车故障影响，两台列车对故障影响适应能力小。3台列车运输时，有一定的总等待时间以消除故障影响，又比4台列车运输时占用的设备少，并能完成运输任务。故在该矿井系统条件下，选用3台列车运输较2台和4台列车为优。

## (四) 系统决策

煤仓容量的决策，要求既可以匹配各运输环节，又不过分加大煤仓容量；大巷矿车运输的决策，要求既可以满足生产运输的要求，又具有一定的增产潜力，还应兼顾前后运输环节中煤仓的合理容量。根据前面的分析，对模拟的矿井生产运输系统决策如下：

- (1) 一、二采区煤仓容量均为60t；
- (2) 三、四采区煤仓容量均为80t；
- (3) 井底煤仓容量50t；
- (4) 大巷运输用3台列车。

在上述决策下，模拟的该矿井采区在5小时内完成煤炭生产和运输，在4小时内完成大巷运输和考虑提升故障时的井筒提升。

## 五、结 束 语

根据不同的目的，利用矿井生产运输系统的随机模拟源程序，结合技术经济等方面的定性定量指标，可以模拟：

- (1) 不同的回采工艺过程；
- (2) 由回采工作面到井口各环节的不同的运输提升类型；
- (3) 矿井采区、水平划分形式及其尺寸，巷道布置形式等内容。

利用该技术，可以解决许多矿山生产中影响因素复杂、成本高、危险性大及难以重复试验的技术经济决策问题。

## 参 考 文 献

- (1) 王玉浚，电子计算机在煤矿开采中的应用。徐州：中国矿业学院出版社，1984，123—148