

灰色系统分析方法在冶金行业安全生产中的应用

陈满意¹, 刘莹², 陈定方¹

(1. 武汉理工大学 机械与材料学院, 武汉 430063; 2. 南昌大学 机电工程学院, 江西, 南昌 330029)

摘要: 利用灰色系统分析方法, 以某钢铁公司 1995 年至 1999 年发生的因工伤亡事故的年度统计数据为依据, 对因工伤亡事故进行分析. 主要包括两方面的内容: (1) 利用灰色关联分析方法找出了引发事故的主要因素及事故易发的月份; (2) 以因工伤亡年度统计数据为依据, 建立 GM(1, 1) 模式型. 这对于该公司如何搞好安全生产工作具有十分重要的指导意义. 同时, 也可供其他行业安全生产参考.

关 键 词: 灰色系统; 灰色关联分析; 安全生产

中国分类号: TF

文献标识码: A

0 导 言

灰色系统是部分信息已知、部分信息未知的信息不完全系统. 它的研究对象是“贫信息不确定”问题. 和数理统计分析方法(大样本)不同的是, 其出发点是“小样本”. 事实上, 由于各种客观条件及人为因素的制约, 现实生活中的许多现象的信息是不完全的. 因此, 可以将它们看成是灰色系统.

在冶金行业, 由于其行业的特殊性, 安全生产一直是最突出的矛盾之一. 因此, 如何搞好安全生产是摆在各级领导及职能部门面前的难题. 本文依据某钢铁公司近五年所发生的因工伤亡事故的统计数据, 利用灰色系统分析方法, 力图找出其安全生产中规律性的东西, 为其实现安全生产提供理论依据, 以便正确决策.

1 灰色关联分析

1.1 灰色关联分析概述

一个系统是由许多相互依存、相互作用的因素组成的. 我们研究一个系统, 首先要对系统进行分析. 即明确在系统的众多因素中, 哪些是主要因素, 哪些是次要因素; 哪些因素对系统影响大, 哪些因素对系统影响小, 等等. 灰色关联分析是通过灰色关联度来分析和确定系统因素间的影响程度或因

素对系统主行为的贡献测度的一种方法. 其基本思想是根据曲线间的相似程度来判断因素间的关联程度. 由于此方法对样本量的大小没有特殊要求, 分析时也不需要典型的分布规律, 因而具有广泛的实用性.

设 X 为系统因素集, $x_i \in X$ 为系统因素, 其在序号 k 上的观测数据为 $x_i(k)$, $k = 1, 2, \dots, n$. 则称 $x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n))$ 为因素 x_i 的行为时间序列. 若 k 为指标序号, 则上式称为因素 x_i 的行为时间序列; 若 k 为指标序号, 则上式称为因素 x_i 的行为指标序列; 若 k 为观测对象序号, 则上式称为因素 x_i 的行为横向序列.

1.2 数据变换

原始数据序列 $x_i(k)$ ($i = 1, 2, \dots, m$; $k = 1, 2, \dots, n$) 一般来源于各种渠道的统计数据. 由于这些数据具有如下几个特点: (1) 指标不同, 且量纲也大都不同; (2) 不同指标之间数量级大小相差悬殊; (3) 同一指标的数据大小参差不齐, 有明显的随机性; (4) 多数数据有一定的灰色度, 甚至出现短缺虚假等现象. 这样不同量纲、不同数量级之间不便于比较, 或者在比较时难以得出正确的结果. 因此, 为了保证分析时得到正确的结果, 对收集来的原始数据必须进行数据变换.

$x = x(1), x(2), \dots, x(n)$ 其数据变换有如下几种常用类型

- 1) 初值化变换 $y(k) = x(k) / x(1), x(1) \neq 0$;
- 2) 均值化变换 $y(k) = x(k) / \bar{x}, \bar{x} = (1/n) \sum x(k)$;
- 3) 百分比变换 $y(k) = x(k) / \max x(k)$;
- 4) 倍数变换 $y(k) = x(k) / \min x(k) \neq 0; \min x(k) \neq 0$;
- 5) 归一化变换 $y(k) = x(k) / x_0$ 式中 x_0 为大于零的某个值;
- 6) 极差最大值化变换 $y(k) = (x(k) - \min x(k)) / (\max x(k) - \min x(k))$;
- 7) 区间值化变换 $y(k) = (x(k) - \min x(k)) / (\max x(k) - \min x(k))$

1.3 计算绝对差

$$\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_i(k)|$$

1.4 计算灰关联系数

$$r(x_0(k), x_i(k)) = (\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}) / \Delta_{0i}(k) + \rho \Delta_{\max}$$

式中 $\Delta_{\min} = \min \min \Delta_{0i}(k)$
 $\Delta_{\max} = \max \max \Delta_{0i}(k)$
 ρ 为分辨系数, 且 $0 \leq \rho \leq 0.5$.

1.5 计算灰关联度

$$r(x_0, x_i) = \sum \omega_k r(x_0(k), x_i(k))$$

式中 ω_k 为 k 点权重. $0 \leq \omega_k \leq 1, \sum \omega_k = 1$

1.6 排关联序, 进行优势分析

若 $r(x_0, x_i) \geq r(x_0, x_j)$, 则称因素 x_i 优于因素 x_j , 记为 $x_i > x_j$.

2 灰色建模 GM(1, 1)

2.1 数据累加生成

设有原始数列 $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$

如果 $x^{(1)}(k) = \sum x^{(0)}(m), k = 1, 2, \dots, n$
 $x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$
则数列 $x^{(1)}$ 为 $x^{(0)}$ 的一次累加生成数列.

2.2 构造数据矩阵及数据向量

记 $z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) \quad k = 2, 3, \dots, n$

我们称 B 为数据矩阵, Y 为数据向量.

$$B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix}$$

解线性方程组 $Y = B\hat{a}$, 可求得 $\hat{a} = (a, u)^T$

2.3 建立模型

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = u$$

时间响应序列 $x^{(1)}(k+1) = x^{(1)}(1) - u/a)e^{-at} + u/a, k = 1, 2, \dots, n$

还原值 $x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k), k = 1, 2, \dots, n$

2.4 残差检验

残差为 $q(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)$

相对误差为 $\varepsilon(k) = q(k) / x^{(0)}(k)$

平均相对误差为 $\varepsilon = 1/(n-1) \sum |\varepsilon(k)|$

3 实例

安全生产是冶金行业突出问题之一. 企业每年的因工伤亡人数是衡量其安全生产的重要指标. 表 1 是某钢铁公司 1995 年至 1999 年 5 年间因工伤亡人数 (含工亡、重伤、轻伤) 统计表. 表中按事故类别、时间 (月份) 分别列出统计值. 我们的任务是要通过灰色关联分析找出该企业安全生产中规律性的东西. 具体来说就是找出主要的伤害因素及事故易发月份.

3.1 灰关联度计算

以年度因工伤亡事故总人数为参考序列 x_0 , 比较序列为:

五类事故 $x_i (i = 1, 2, 3, 4, 5)$ i 代表对应事故的序号;

五类事故发生月份 $x_i (i = 6, 7, 8, \dots, 17)$ i 代表月份的序号.

取分辨系数 $\rho = 0.5, \omega_i = 1/5 = 0.25$

将计算结果绘制成关联树, 如图 1 所示.

从事故类别看, 五类事故中现场违章事故伤害的关联度最大. 这说明现场违章是引发事故的主要因素. 同时, 这也说明职工的安全意识较差, 不注重自我防范. 如习惯操作、上班注意力不集中、甚至违章操作、遥控操作等等, 都容易引发事故.

从事故月份来看, 对事故总数影响最大的是 5 月份, 其次是 1、12 月份. 根据原始数据的统计结果, 这几个月事故也是较高的. 尤以 2 月份为最高. 这个结果与实际情况甚为吻合. 这段时间年节较为集中, 职工思想容易分散, 为事故高发期. 所以, 应把这几个月定为安全生产的特殊时期. 要引起高度重视.

3.2 因工伤亡事故模型及预测

以表 1 中 1995 ~ 1999 年因工伤亡总人数的统

表 1 某钢铁公司 1995 年至 1999 年各类因工伤亡事故统计表(含工亡、重伤、轻伤)

年份	序号	事故次数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			总人	起重	机电	现场	火灾	其它	事故月份及次数											
			数	车	设备	违章	事故	事故	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
1995 年			36	8	12	8	2	6	4	8	2	3	5	3	2	2	1	2	1	3
1996 年			44	14	10	12	4	4	5	10	4	2	3	3	5	3	5	4	4	6
1997 年			56	16	12	14	6	8	7	8	9	3	3	3	8	4	5	1	3	2
1998 年			40	12	14	8	3	3	5	5	2	2	1	4	3	7	2	3	2	4
1999 年			54	16	12	10	6	10	6	7	2	2	3	3	6	8	3	6	3	5

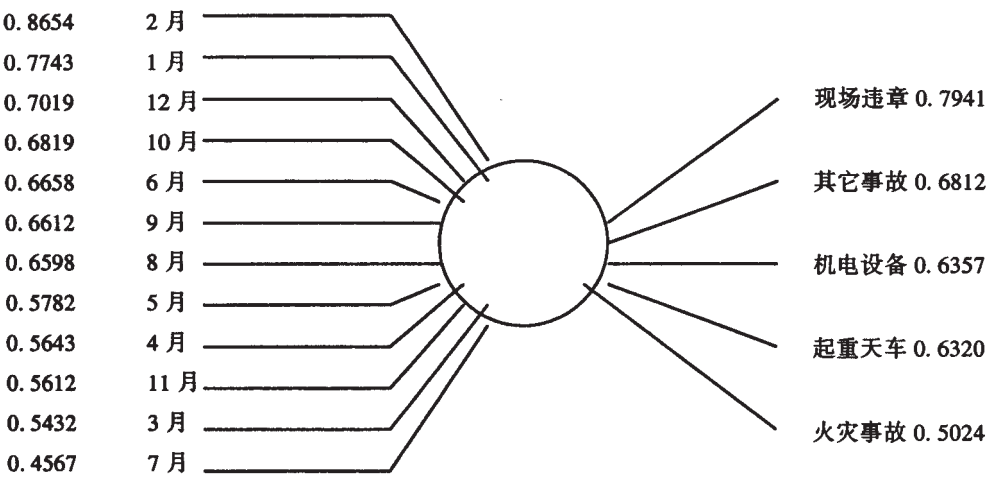


图 1 关联树

计数字为依据, 建立 GM(1, 1) 模型.

原始数据序列 $x^{(0)} = (36, 44, 56, 40, 54)$
一次累加生成 $x^{(1)} = (36, 80, 136, 176, 230)$
 $(z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), z^{(1)}(4), z^{(1)}(5)) = (58, 108, 156, 203)$

$$B = \begin{pmatrix} -58 & 1 \\ -108 & 1 \\ -156 & 1 \\ -203 & 1 \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} 44 \\ 56 \\ 40 \\ 54 \end{pmatrix}$$

解线性方程组 $Y = B\hat{a}$, 得 $\hat{a} = (au)^T = (-0.0381115, 45.9778)^T$

建立模型 $x^{(0)}(k) - 0.0381115z^{(1)}(k) = 45.9778$

时间响应函数 $x^{(1)}(k+1) = (x^{(1)}(1) - u/a)e^{-at}$

$$= 1242.402267e^{0.0381115k} - 1206.402267$$

模型生成序列 $x^{(1)} = (36, 84, 134.4, 186.5,$

表 2

模型计算值	实际值	残差	相对误差 (%)
$x^{(0)}(2) = 48$	44	$q(2) = -4$	-9.09
$x^{(0)}(3) = 50.4$	56	$q(3) = 5.6$	10.0
$x^{(0)}(4) = 52.1$	40	$q(4) = -12.1$	-30.25
$x^{(0)}(5) = 54.1$	54	$q(5) = -0.1$	-0.1852

240.6)
还原值、残差和相对误差见表 2.
可以看出, 1998 年的预测值偏差较大, 达 -30.25%. 其它年份均不超过 10%. 总的来说模型精度不高. 而且各残差值有正有负, 呈现出不太规律的波动性. 为了提高模型的预测精度, 必须对模型进行修正.

4 结论

(下转第 52 页)

垫块的损坏也有设计上的原因。

5 应用效果

我们从实际出发,采用上述方法,加强检查和维护,及时更换,很大程度上解决了刀具螺栓的固定问题,杜绝了刀具从刀盘上脱落的现象。缩短了刀具更换和检查时间,平均每天可节约 2 小时用于

掘进,可创造 5 米的掘进进尺,获利 1 万多元,并且节约了刀具配件,降低刀具成本,取得了良好的经济效益。顺利的完成了秦岭隧道出口的掘进任务。

参考文献:

- [1] Wirth. TB880E 技术文件(英文版)[M]. 1997.
- [2] 石家庄铁道学院. TB880E 技术文件[M]. 石家庄: 1997.

Fixing the Cutters on the Cutter Head of the Tunnel Boring Machine

ZHAO Yan-chun , ZHAO Zhan-xin

(TBM Construction Company, China Railway 18th Group Co. Ltd, Shanxi Danfeng 726200, China)

Abstract: Accurately assuming and credibly fixing the cutters on the cutter head can ensure the essential work of the cutters. During the drilling at Qingling South Tunnel, the cutters often loosen and then stop working. This article presents some efficient measures to avoid the cutters' loosening.

Key words: TBM ; cutter; fixing

(上接第 49 页)

本文利用灰色系统分析方法,对某钢铁公司 1995 年至 1999 年间发生的因工伤亡事故进行分析,所得结果与实际情况基本吻合。这说明在冶金行业,造成事故的主要因素是现场违章,而事故高发期为 2、1、12 等三月份。本文所建立的灰色系统模型对指导冶金行业企业安全生产工作具有一定指导意义。

参考文献:

- [1] 肖新平,等. 灰色系统分析理论及其应用[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 1998.
- [2] 刘思峰,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [3] 刘树林,等. 多属性决策理论研究[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 12(1): 38 ~ 43.

The Application of Analytic Method of Grey System in Safe Production of Metallurgical Industry

CHENG Man-yi¹, LIU Yin², CHENG Din-fang¹

(1. College of Mechanical and Material, Wuhan Univ. of Science and Engineering. Wuhan, 430063 China)

Abstract: Based on the yearly accidents' statistics from 1995 to 1999 in a certain metallurgical corporation, the statistic data is dealt with by methods of Grey System Analysis. Two aspects are included: 1) key factors and months accident rate are highly found out through Grey Relational Analysis; 2) GM(1, 1) model is established based on the statistic data. These results will contribute much to the corporation's safety production. This paper will also works as a reference to other industries' safety production.

Key words: grey system, grey relational analysis; safety production