

# Ordinary Discussion on four Dimension Vector Model of the Enterprises Safety Production Protection Systems Risk Degree with the Butterfly Catastrophe Theory

Dajian Lin<sup>1,2</sup>, Jiang Zhao<sup>1</sup>, Xuyang Zhang<sup>1</sup>, Lingjian Zhou<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Science and Technology Jiangxi, Environment and Construction Engineering Department, Ganzhou, China

<sup>2</sup>Southeast University, school of information science and Engineering, Nanjing, China

Email: lin1601@sina.com; zhoulj@sina.com

**Abstract:** the "man-machines-environment-management" safety production protection systems established with the catastrophe theory, the weights of man, machine, management, environment and the four variables control respective multiplied, which constitute more representative and comprehensive meaning of the new Catastrophe series. The new Catastrophe series and respective unit vector multiplied, draw the four-dimensional control variable. The four-dimensional space can be the center tetrahedron with four vertices into a coordinate system connected is Imagined. The angle between axes of approximation 109 degrees, the coordinates of the four-axis angle equal to each other, which gives the performance of four-axis with equal opportunities, provide a new way of thinking. For the four-dimensional space analysis of the safety in production enterprises the critical point of the risk degree.

**Keywords:** butterfly catastrophe theory; risk degree; safety production protection systems; four-dimensional space

## 基于蝴蝶突变企业安全生产保障系统危险程度的四维矢量模型探讨

林大建<sup>1,2</sup>, 赵江<sup>1</sup>, 张旭阳<sup>1</sup>, 周令剑<sup>1</sup>

<sup>1</sup>江西理工大学, 资源与环境工程学院, 赣州, 中国

<sup>2</sup>东南大学, 信息科学与工程学院, 南京, 中国

Email: lin1601@sina.com; zhoulj@sina.com

**摘要:** 利用蝴蝶型突变建立人、物、管理、环境安全生产保障模型, 人、物、管理、环境的权重与四个控制变量各自相乘, 就可能构成了更具有代表和全面含义新突变级数。新突变级数乘于各自单位向量, 得出四维控制变量。设想一个四维空间可由四面体的中心点与四个顶点相连成坐标体系, 坐标轴的夹角约  $109^\circ$ , 这个坐标系的四条轴彼此夹角相等, 这就给四条轴以同等表现的机会, 为在四维空间上分析企业的安全生产危险程度的临界点提供了新的思路。

**关键词:** 蝴蝶型突变理论; 危险程度; 安全生产保障系统; 四维空间

### 1 引言

自从 Thom 于 1972 年创立突变理论至今的 36 年时间里, 突变理论深受各国学术界的广泛重视<sup>[1-3]</sup>。钱新明等人应用突变理论研究系统安全问题, 把系统的一类危险源和二类危险源作为控制参数, 并把系统的功能作为状态参数, 从而建立了危险评价的尖点突变

模型, 成功地分析了石化企业的危险状态<sup>[4]</sup>。安全系统具有流变-突变特性, 突变理论在安全工程中的应用尚处于探索阶段, 在事故突变分析和过程系统安全动态评价中的应用进行了初步的研究与尝试<sup>[5]</sup>, 还很粗浅。突变理论在事故过程分析及系统安全评价中的应用是可行的、合理的, 但仍有许多不足, 必须进行进一步的研究, 探讨了蝴蝶突变与安全保障系统的结合分析, 建立安全保障系统的蝴蝶突变的四维分析模型, 实现

江西省教育厅资助科研项目 (编号: GJJ08273)和江西省科学技术厅、江西省财政厅资助项目(赣科发字[2004]211 号)资助

可以量化的事故分析数学模型，这对事故的定性分析、定量研究和对事故机理的认识具有重要意义。

## 2 安全生产保障系统的影响要素

《论系统工程》运用科学哲学思想和系统科学方法，系统地分析安全“本身的内在联系”，终于悟出安全与否都是由人、物、事（关系实现方式）三类要素及其相互作用形成的系统构成的，是一个复杂的动态有机整体，从而得出安全科学的基本概念和安全科学技术体系结构的框架模型，提出“安全‘三要素四因素’系统理论”的源头。至于为什么要认识安全“本身的内在联系”，因为不知道安全本身是什么，就去解读某某安全问题并用于社会实践，这是盲目的形而上学，解决不好安全的实际问题。所以，要阐明安全“本身的内在联系”，便提出了一个内涵为“三要素四因素”的系统理论。揭示实现人类的某种特定需求目标的事物本质及其运动变化规律的科学，其学科本身的内在联系，即必然由三大要素及其形成的系统（第四）因素）构成，并且是依据人为的特定需要建立起来的。安全问题的解决是相对的，这只是针对要达到的目的的要求程度即目标而言的；若指安全的实现过程。必然涉及协调人与物的关系（包括人与人、物与物、人与物的关系），而协调并非关系本身，因为关系的协调过程涉及相应的经济、管理、教育、法规、伦理等，只有通过这些关系的实现方式（即实现方法与存在形式）的参与，才有可能实现协调，达到形成系统的目的。“三要素四因素”系统原理，能正确反映所有综合科学学科本身的内在联系。以往的系统安全研究以安全事故为对象，这种预防性的研究与安全系统研究不是一码事。所谓预防，就是防止安全事故发生及为防止安全事故发生所做的一切工作，都带有消极的性质，是属于防止安全系统破坏的系统安全静态研究；而安全系统研究则属于正向动态研究，是沿着不死、不伤、不病、舒适、愉快以至享受的方向，创造健康的外在保障条件的安全系统动态研究。这才符合安全的本义<sup>[6]</sup>。安全保障系统是一个以“管理”为中枢、“人”为核心、“机”为基础、“环境”为条件组成的总体性的以保障系统安全为目的的人-机-环境-管理系统。“人”，是指作为工作主体的人，如操作人员或决策人员；“机”是指人所控制的一切对象的总称；“环境”是指人、机共处的

特定的工作条件，文献<sup>[7-8]</sup>对于人的评价模型的基本要素；物的不安全状态评价模型的基本要素；环境的不安全状态评价模型的基本要素；管理的缺陷评价模型的基本要素；基本要素指标的确立进行了叙述。

## 3 安全保障系统蝴蝶突变分析四维模型研究

如果在目前的由人、物、环境、管理组成的安全生产保障系统的人、物、环境、管理作为安全保障系统的四个独立的控制控制性变量,安全保障系统就是四维的状态函数,安全生产保障系统就是人、物、环境、管理子系统的安全状态的有机结合，建立安全决策系统，具体如下：

$$\text{设 } R_n = \{\bar{u}_a, \bar{v}_b, \bar{w}_c, \bar{k}_d\} \quad (1)$$

其中  $u_a$  ( $a=1,2,\dots,A$ ) 为人的失误第  $a$  个值,  $v_b$  ( $b=1,2,\dots,B$ ) 为物的不安全状态第  $b$  种值,  $w_c$  ( $c=1,2,\dots,D$ ) 为环境不安全状态第  $c$  个值,  $k_d$  ( $d=1,2,\dots,D$ ) 为管理状态第  $d$  个值。

$$\text{建立决策矩阵: } \bar{R}_n = \{\bar{u}_a, \bar{v}_b, \bar{w}_c, \bar{k}_d\} \quad (2)$$

$$\text{其中: } \left\{ \begin{array}{l} u_a = \{u_1, u_2, \dots, u_A\}, (a=1, 2, \dots, A) \\ v_b = \{v_1, v_2, \dots, v_B\}, (b=1, 2, \dots, B) \\ w_c = \{w_1, w_2, \dots, w_C\}, (c=1, 2, \dots, C) \\ k_d = \{k_1, k_2, \dots, k_D\}, (d=1, 2, \dots, D) \end{array} \right\} \quad (3)$$

这个矩阵称为决策矩阵，它提供了分析决策问题的基本信息，各种分析方法均以决策矩阵作为分析的基础，在这个矩阵中如果使用原来的属性值，往往不便于比较各属性，这是因为属性采用的单位不同，数值可能有很大的差异，因此最好把属性值规范化，即把各属性值都统一变换到[0,1]范围内。

采用线性变换

$$\hat{v}_b = \frac{v_b}{\sum_b v_b}, \hat{v}_b = \{\hat{v}_1, \hat{v}_2, \dots, \hat{v}_B\}, \quad (4)$$

$$(b=1, 2, \dots, B), \hat{v}_b \in [0,1]$$

其它同理可得，这种线性变换使变换后的相对数量和变换前的相同，同时又使属性的最大值和最小值均在区间[0,1]内。对依据下式（5）人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全因素、管理的缺陷作线性变换的。

$$\left\{ \begin{aligned} d_u &= \frac{1}{A} \sum_{a=1}^A \hat{u}_a, (a=1,2,\dots,A) \\ d_v &= \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{v}_b, (b=1,2,\dots,B) \\ d_w &= \frac{1}{C} \sum_{c=1}^C \hat{w}_c, (c=1,2,\dots,C) \\ d_k &= \frac{1}{D} \sum_{d=1}^D \hat{k}_d, (d=1,2,\dots,D) \end{aligned} \right. \quad (5)$$

利用蝴蝶突变模型的归一公式:

$$x_u = \sqrt{d_u}; x_v = \sqrt[3]{d_v}; x_w = \sqrt[4]{d_w}; x_k = \sqrt[5]{d_k} \quad (6)$$

利用人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全状态、管理的缺陷的子系统的约束的空间值, 建立以人不安全行为为  $u$  轴、物的不安全状态为  $v$  轴、环境的不安全状态为  $w$  轴, 管理的缺陷为  $w$  轴的四维模型。设  $p$  是四维欧氏空间的一点,  $p(u,v,w,k) \in R^4$ 。对于采取的人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全因素、管理的缺陷的评分进行标准化, 使之在区间 $[0,1]$ 内。在四面体的中心  $0$  向四个顶点连线形成四个矢量  $(i, j, m, n)$ , 长度各为为  $a_1x_u, a_2x_v, a_3x_w, a_4x_k$ , 那么四个坐标轴两两的夹角约  $109^\circ$ , 则在空间的任意一点, 可以用  $(a_1x_u i, a_2x_v j, a_3x_w m, a_4x_k n)$  表示, 这个坐标系的四条轴彼此夹角相等, 这就给四条轴以同等表现的机会, 见图 1。

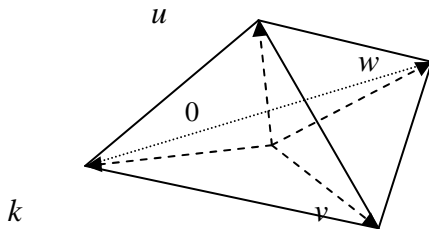


图 1. 人-机-环境-管理分析矢量分析模型

人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全因素、管理的缺陷对安全生产保障系统的作用, 同时也实现各变量的无量纲处理。因此利用人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全因素、管理的缺陷的蝴蝶突变模型的归一公式的求解的矢量作为此安全生产状况的参数  $Q$ , 突变级数是由人的不安全行为、物的不安全状态、管理缺陷、环境不安全状态构成的函数, 作为企业危险程度的评定指标; 因此在突变级数的基础上, 将人的不安全行为、物的不安全状态、管理缺陷、环境不安全状态的权重与四个控制变

量各自相乘, 就可能构成了更具有代表和全面含义新突变级数, 再分别乘于各自单位向量  $(i, j, m, n)$ 。危险程度就转化成了由人的不安全行为、物的不安全状态、管理缺陷、环境不安全状态的权重与四个控制变量各自相乘之后得出量的四维控制变量, 这四个顶点就组成了一个球体, 球体的体积大小由这四个顶点  $(a_1x_u i, a_2x_v j, a_3x_w m, a_4x_k n)$  确定, 从这层意义上分析, 球体的体积就可以表征安全生产状况。因此安全生产状况参数  $Q$  是四个顶点确定球体的体积大小。

$Q_b$  为安全状况的临界值, 也即最大的球体的体积。

$$\sigma_h \text{ 危险系数, } \sigma_h = \frac{|Q_b| - |Q|}{|Q_b|} \quad (7)$$

如果  $\sigma_h$  允许在一定范围内波动, 这就是相对安全区域的安全性。利用  $\bar{\sigma}_h$  的大小对企业进行安全状况分级,  $\sigma_h$  就成为分级的表征系数。具体如下:

- ①理想的安全区域, 当  $|Q| > |Q_b|$  时, 即  $\sigma_h < 0$ , 系统进入理想安全状态;
- ②临界点, 当  $|Q| = |Q_b|$  时,  $\sigma_h = 0$ , 系统处在危险与理想安全的临界状态;
- ③危险区域, 当  $|Q| < |Q_b|$  时,  $1 > \sigma_h > 0$ , 系统处在危险状态。

考虑到安全的真实含义和我国极大部分企业的实际情况是处于  $1 > \sigma_h > 0$ , 虽然都处在 $[0,1]$ 区间内, 但安全状况却相距甚远, 因此有必要引入一个新的界定指标  $\xi_h$  对这些企业进行分级, 其中  $0 < \xi_h < \sigma_h < 1$ , 从而对重大危险隐患和重大危险源进行必要的界定和分级。

#### 4 结论

利用人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全状态、管理的缺陷的子系统的约束的空间值, 建立以人不安全行为为  $u$  轴、物的不安全状态为  $v$  轴、环境的不安全状态为  $w$  轴, 管理的缺陷为  $w$  轴的四维模型。

设想一个理想空间, 在空间的任意一点, 可以用  $(a_1x_u i, a_2x_v j, a_3x_w m, a_4x_k n)$  表示, 这个坐标系的四条轴彼此夹角相等, 球体的体积就可以表征安全生产

状况，为在四维矢量空间上分析企业的安全生产危险程度的临界点提供了新的思路。

企业的安全生产危险程度分为：理想的安全区域；危险区域，从而对重大危险隐患和重大危险源进行必要的界定和分级。

## References (参考文献)

- [1] Lin Dajian .Research on the Enterprise Safety Production Dangerous.  
林大建.基于突变理论的企业安全生产危险程度动态评价研究[D].北京科技大学博士学位论文,2007年7月
- [2] Degree Dynamic Evaluation on the Basis of the Catastrophe Theory[D] Beijing. University of Science and Technology Beijing Doctor paper. 2007.7
- [3] R.Thom. Structural stability and morphogenesis. Benjam in-Addison Wesley, NY, USA, 1975
- [4] Zeeman E. C. Catastrophe theory: Selected papers(1972-1977), Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1977, 115-129
- [5] Qian Xingming Chen Baozhi.STUDY FMULTISTAGE FUZZY COMPREHENSIVE EVALUATION METHOD ON ASOURCE SERIOUSNESS [J]. China Safety Science Journal. 1996 (12): 24-28.
- 钱新明, 陈宝智.危险评价的尖点突变模型的研究[J].中国安全科学学报, 1996(12): 24-28.
- [6] lin Dajian.Cai Sijing.Zhou yongan.An Ordinary Discussion and Analysis On the Safety Production Protection Systems with the Butterfly Catastrophe Theory[J].China safety science journal. 2007, (10), 28-31.  
林大建,周永安,蔡嗣经.基于蝴蝶型突变理论的安全生产保障系统分析和探讨[J].中国安全科学学报 2007 (10), 28-31
- [7] Liu Qian. Systems Theory of Safety the Three Elements and Four Factors & the Basic Characteristics of Integrated Science[C]. 21th National Safety Engineering Proceedings 2009.China Petrochemical Press.  
刘潜.安全“三要素四因素”系统原理与综合科学的基本特征[C].第21届全国高校安全工程年会论文集, 2009.中国石化出版社.
- [8] Lin Dajian , Cai Sijing ,Zhou Yong'an.Dynamic safety evaluation of environmental unsafe factor in production process based on catastrophe theory[J] GOLD.2008, (2): 19-21  
林大建,周永安,蔡嗣经.基于突变理论的环境不安全生产因素动态安全评价探讨[J].黄金. 2008 (2):19-21
- [9] LIN Dajian , ZHANG Xuyang.Discussion on four dimension Analysis model of risk degree for enterprises safety protection systems based on butterfly catastrophe theory[J]Journalof SafetyScience and Technology. 2009.5(3):116-119  
林大建, 张旭阳.基于蝴蝶突变企业安全生产保障系统危险程度四维分析[J]中国安全生产科学技术,2009.5(3):116-119.