

基于突变级数的油库反恐油料保障能力评价研究

魏小林, 周庆忠, 孙涛, 倪聪

(后勤工程学院, 重庆 401311)

摘要:应用突变级数法对后方油库反恐油料保障能力进行多层次矛盾分析,构建了后方油库反恐油料保障能力评价指标体系,利用总突变级数值对油库保障能力进行综合评价;该方法考虑各评估指标的相对重要性,适合于定性指标居多的非线性系统评估分析;应用突变级数法能够准确快捷实现能力综合评价,可为油料保障能力检验评估提供一种新思路。

关键词:突变级数;后方油库;反恐油料保障能力;评价研究

本文引用格式:魏小林,周庆忠,孙涛,等.基于突变级数的油库反恐油料保障能力评价研究[J].兵器装备工程学报,2016(2):84-88.

Citation format:WEI Xiao-lin, ZHOU Qing-zhong, SUN Tao, et al. Study on Evaluation of Oil Depot Anti-Terrorism Oil Support Capacity Based on Catastrophe Progression Method[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2016(2):84-88.

中图分类号:E234

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2016)02-0084-05

Study on Evaluation of Oil Depot Anti-Terrorism Oil Support Capacity Based on Catastrophe Progression Method

WEI Xiao-lin, ZHOU Qing-zhong, SUN Tao, NI Cong

(Logistics Engineering University, Chongqing 401311, China)

Abstract: In the analysis of multi levels of anti-terrorism oil support capability of the rear oil depot with the application of catastrophe progression method, we constructed the evaluation index system of oil depot anti-terrorism oil support capacity, finally we comprehensively evaluated oil support capacity with the use of the total mutation level value. The method considered the relative importance of each evaluation index and was suitable for qualitative analysis of nonlinear systems. Using catastrophe progression method, we can evaluate the ability of accurate and quick implementation and provide a new idea for the inspection and evaluation of oil support capability.

Key words: catastrophe progression; rear oil depot; anti-terrorism oil support capacity; evaluation

随着国家利益拓展和安全形势变化,军队遂行反恐维稳军事行动,维护国家和社会安全稳定,已成为军队力量新时期新阶段履行使命任务的新要求新常态。后方油库作为军队油料保障体系中的重要组成部分,在为执行反恐维稳任务

部队提供油料支援保障中发挥着不可替代的作用。后方油库油料保障能力检验评估,是提高油库反恐油料保障任务分配决策科学化水平的有效途径,同时也是指导后方油库油料保障战备建设的重要环节。针对反恐维稳行动油料保障的

收稿日期:2015-06-27;修回日期:2015-07-20

基金项目:总后军需物资油料部科研项目(YS2141041);重庆市社会科学规划重点项目(2014ZDGL32)

作者简介:魏小林(1988—),男,硕士研究生,主要从事作战油料保障和油料装备保障研究。

特点需求,采用突变级数法,以达到保障能力准备情况评价的快速准确。

1 突变理论的基本原理

突变理论(Catastrophe Theory)是研究连续性的量变如何演变成跳跃式质变的学科,在各领域有着广泛的应用。主要由结构稳定的拓扑概念发展而来,基本特点是根据系统的势函数将系统的临界点分类,研究分类临界点附近非连续状态的特征,归纳出了若干初等突变模型,以此为基础研究各领域的突变现象。

突变理论研究对象是突变势函数为 $f(x)$,势函数 $f(x)$ 表示一个系统的状态变量 x 的势函数,状态变量系数 a 、 b 、 c 、 d 表示该状态变量的控制变量。该系统势函数的状态变量和控制变量是矛盾的两个方面。根据突变理论,它的所有临界点集合成平衡曲面,其方程通过对 $f(x)$ 求一阶导数而得,即 $f(x)' = 0$ 。它的奇点集通过对 $f(x)$ 求二阶导数而得,即 $f(x)'' = 0$ 。消去 x ,则得突变系统的分歧点集方程。分歧点集方程表明诸控制变量满足此方程时,系统就会发生突变。通过分解形式的分歧点集方程导出归一公式,由归一公式将系统内诸控制变量不同质态化为同一质态,即化为状态变量表示的质态。突变模型因分解子指标数量的不同,分为折叠突变模型、尖点突变模型、燕尾突变模型、蝴蝶突变模型等4种,如表1所示。

表1 突变模型及其势函数

突变模型类型	控制变量维数	势函数	分叉集	归一公式
折叠突变模型	1	$f(x) = x^3 + ax$	$a = -3x^2$	$X_a = a^{1/2}$
尖点突变模型	2	$f(x) = x^4 + ax^2 + bx$	$a = -6x^2$ $b = 8x^3$	$X_a = a^{1/2}$ $X_b = b^{1/3}$
燕尾突变模型	3	$f(x) = 1/5x^5 + 1/3ax^3 + 1/2bx^2 + cx$	$a = -6x^2$ $b = 8x^3$ $c = -3x^4$	$X_a = a^{1/2}$ $X_b = b^{1/3}$ $X_c = c^{1/4}$
蝴蝶突变模型	4	$f(x) = 1/6x^6 + 1/4ax^4 + 1/3bx^3 + 1/2cx^2 + tx$	$a = -10x^2$ $b = 20x^3$ $c = -15x^4$ $d = 4x^5$	$X_a = a^{1/2}$ $X_b = b^{1/3}$ $X_c = c^{1/4}$ $X_d = d^{1/5}$

其中: f 表示势函数, x 表示状态变量, a 表示控制变量, b 表示对应控制变量 a 的 x 值,控制变量从上至下重要性一次递减。

2 基于突变级数法评价步骤

基于势函数的突变法的核心是利用突变理论中分解形式的分歧点集方程推导出归一公式,是利用突变理论进行综

合分析和评价的递归运算法则,实质是一种多维模糊隶属函数,将系统内部各控制变量不同的评价指标转化为一可比的质态,即化为状态变量表示的质态,并由归一公式对系统进行综合量化递归运算,最后求出表征系统状态的总突变隶属函数值,进而进行综合评价。

1) 构建评价指标体系。按照突变级数法,遵循指标体系“系统性、简明性、客观性”的原则,根据评价系统的目标需要,进行系统功能层次、结构层次和逻辑层次分析建立相应的评估指标体系,排列成递阶层次结构,使用时只需采集底层子指标原始数据即可。一般初级突变系统某状态变量的控制变量不超过4个,所以,相应地一般各层指标(单指标的子指标)分解到不要超过4个,超过4个,需进行提纯或删减。决策者根据经验定性确定指标体系中同一层次各指标的重要程度,重要程度相对大的指标放在前面,从而解决权重问题。

2) 突变模型类型判别。不同的突变形式对应不同的势函数、分歧方程和归一公式。因此,在应用归一公式进行量化递归运算前,进行突变形式识别。当一个指标分解成1,2,3,4个下级指标时,分别对应折叠、尖点型、燕尾型和蝴蝶型突变形式。

3) 原始数据规范化。反映系统的原始数据往往具有不同的量纲和度量单位,将底层指标数据转化到 $[0,1]$ 范围内的无量纲可比较数值越大越好。一般采用极差变换法对评价质变进行无量纲化处理,对于效益型指标,令 $y_{ij} = x_{ij} - x_{\min(j)} / x_{\max(j)} - x_{\min(j)}$ 进行预处理,对于成本型指标,利用 $y_{ij} = x_{\max(j)} - x_{ij} / x_{\max(j)} - x_{\min(j)}$ 进行预处理,式中 x_{ij} 为原始数据, $x_{\max(j)}$ 为 j 行数据最大值, $x_{\min(j)}$ 为 j 行数据最小值, y_{ij} 为极差变换后的数据。

4) 归一公式量化递归运算。根据指标体系中对应的突变模型和规范化数据值,根据“互补”与“非互补”两个原则,利用归一公式逐层计算出各控制变量的突变级数值,直至得到最高层的总突变隶属函数值。同一层次控制变量之间关系分为“互补”和“互补性”两种,前者由于控制变量之间可以相互弥补不足,所以突变级数取各控制变量对应的状态变量的平均值,后者的控制变量之间既不可相互替代,又不能相互弥补不足,选取最小的控制变量对应的状态变量值作为突变级数的值。

5) 按照上述步骤,分别计算出不同评价对象的突变隶属函数值,对各评估系统按总评估指标的得分大小进行优劣排序,最终的总突变级数值越大越优。

3 基于突变级数的油库反恐油料保障能力评价指标体系分析

相比其他非战争军事行动,反恐行动特殊的行动样式,使得其油料保障呈现出新的特点,对油料保障也提出了新的更高要求。后方油库根据在反恐维稳中所赋予的保障任务,应着眼于反恐维稳油料保障的特点和规律,后方油库反恐维稳油料支援保障能力应重点抓好在快速反应能力、组织指挥

能力、油料储供能力和自身防卫能力方面的建设及检验评估,如表2所示。

4 某战区后方油库反恐油料保障能力评估实例

现以抽样检验评估某战区后方油库反恐油料支援保障准备为背景,在后方油库反恐油料保障能力评估中运用突变级数法,实现油料保障决策优化。根据专家预测、战备拉动、实兵演习、指挥演练和现场检查,其中必须达标的硬性指标 C_{21} 采取二级制(合格100分、不合格0分); C_1 、 C_2 、 C_5 指标为

成本型指标, C_7 、 C_{14} 、 C_{23} 指标为效益型指标,其他定性评价的指标采取0~9标度,获取原始数据。根据相应公式对数据进行预处理得到底层指标的初始模糊隶属函数值,如表2所示。

根据控制变量的数目,可以确定($A_1 \sim A_4$)、($B_1 \sim B_4$)、($C_1 \sim C_4$)、($C_{12} \sim C_{15}$)和($C_{21} \sim C_{24}$)为蝴蝶型突变, ($B_9 \sim B_{11}$)、($C_5 \sim C_7$)、($C_{18} \sim C_{20}$)为燕尾型突变, (C_8 , C_9)、(C_{10} , C_{11})、(C_{16} , C_{17})为尖点型突变, C_{25} 、 C_{26} 、 C_{27} 为折叠型突变。各指标重要性排序按从上至下依次递减。按照对应的归一公式,可以算得突变级数值。例如,由表3中的规范化数据可求出转进展开指标各状态变量的突变值,见表4。

表2 后方油库反恐油料保障能力评价指标体系构建

目标层	一级指标	二级指标	评估内容(排序)	
油 库 反 恐 油 料 保 障 能 力 H	快速 反应 能力 A_1	转进展开 B_1	按规定组织完成战备等级转换时间 C_1 (1)	
			按规定完成油料保障人员集结收拢时间 C_2	
	按要求及时请领发放物资器材和调整油料装备能力 C_3			
	按规定要求装卸载携运行油料及器材能力 C_4			
	组织 指挥 能力 A_2	紧急出动 B_2	抽组机动保障力量一天内可完成抽组集结,45分钟内能紧急出动 C_5	
			部队途中机动和保障要素展开能力 C_6 能够及时下达预先号令、行军命令,人员和装备紧急出动率符合任务要求(军官 $\geq 66\%$ 、士兵 $\geq 90\%$ 、车辆 $\geq 90\%$) C_7	
	保障 能力 A_3	油料 储供 能力 A_3	随时掌握 保障动态 B_3	领会上级意图和保障任务能力 C_8 熟悉方案内容和敌情、我情、战场环境 C_9
			保障决定 及时正确 B_4	报告建议内容完整,保障决定及时正确 C_{10} (H) 提出决心建议及时,定下保障决心果断 C_{11} (A)
自身 防卫 能力 A_4	油料 收发 能力 A_3	有效调控 保障行动 B_5	能根据任务和保障进程,有效调控保障行动 C_{12}	
			能及时上传下达指挥文电 C_{13} 通指保障人员训练有素,能按指令迅即组织通信保障 C_{14} 指挥所指控装备完好率(不低于90%) C_{15}	
自身 防卫 能力 A_4	油料 收发 能力 A_3	指挥协同 组织严密 B_6	战时指挥关系和指挥权限明确,指挥程序清楚 C_{16}	
			情况判断准确,力量筹划科学,保障部署合理 C_{17}	
自身 防卫 能力 A_4	油料 收发 能力 A_3	筹措供应 B_7	所需各种主附油后续补充和筹措渠道顺畅,品质可靠 C_{18} 具备多种运输手段,能及时组织各类油料补充和前送保障 C_{19} 规定时间内完成临战准备和油料调整补充,满足保障对象油料供应需求 C_{20}	
			具备自发电进行收发作业的能力(硬性指标) C_{21} 能按规定时间完成油料及器材检查、验收、装卸、运输和出库 C_{22} 油库铁路卸油设施综合接卸能力达20节/次以上,零发油单鹤管发油流量不小于 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ C_{23} 具有两种以上装卸作业能力和备用应急收发场地,能够昼夜连续实施大批量油料快收快发 C_{24}	
自身 防卫 能力 A_4	油料 收发 能力 A_3	安全防护 B_9	检查油库设备设施隐蔽伪装和工程加固情况 C_{25}	
			快速恢复 B_{10}	动用“三抢”力量能快速恢复遭破坏后的油料保障能力 C_{26}
自身 防卫 能力 A_4	油料 收发 能力 A_3	战斗防卫 B_{11}	自身防卫分队训练有素,熟悉武器使用,进行自身防卫战斗能力强 C_{27}	

表3 系统原始数据及初始模糊隶属函数值

指标体系 ($C_1 \sim C_{27}$)	原始数据				规范化后数据			
	油库 1	油库 2	油库 3	油库 4	油库 1	油库 2	油库 3	油库 4
$C_1(h)$	24	27	26	30	1	0.888 8	0.923 0	0.800 0
$C_2(h)$	35	30	28	30	0.800 0	0.933 3	1	0.933 3
C_3	7	8	9	7	0.777 8	0.888 9	1	0.777 8
C_4	9	8	8	8	1	0.888 9	0.888 9	0.888 9
$C_5(h)$	22	19	21	20	0.954 5	1	0.905 0	0.950 0
C_6	8	7	9	9	0.888 9	0.777 8	1	1
C_7	81	82	80	85	0.952 9	0.964 7	0.941 2	1
C_8	8	9	7	7	0.888 9	1	0.777 8	0.777 8
C_9	8	7	8	7	1	0.875 0	1	0.875 0
C_{10}	7	9	8	7	0.777 8	1	0.888 9	0.777 8
C_{11}	8	7	7	9	0.888 9	0.777 8	0.777 8	1
C_{12}	7	6	7	6	1	0.857 1	1	0.857 1
C_{13}	7	8	8	7	0.875 0	1	1	0.875 0
C_{14}	95	100	100	92	0.950 0	1	1	0.920 0
C_{15}	9	8	7	7	1	0.888 9	0.777 8	0.777 8
C_{16}	8	7	8	9	0.888 9	0.777 8	0.888 9	1
C_{17}	8	7	8	7	1	0.875 0	1	0.875 0
C_{18}	7	8	8	9	0.777 8	0.888 9	0.888 9	1
C_{19}	8	9	7	7	0.888 9	1	0.777 8	0.777 8
C_{20}	8	8	7	8	1	1	0.875 0	1
C_{21}	100	100	100	100	1	1	1	1
C_{22}	7	9	8	7	0.777 8	1	0.888 9	0.777 8
C_{23}	70	78	65	80	0.875 0	0.975 0	0.812 5	1
C_{24}	9	8	8	8	1	0.888 9	0.888 9	0.888 9
C_{25}	8	7	8	7	1	0.875 0	1	0.875 0
C_{26}	7	7	8	9	0.777 8	0.777 8	0.888 9	1
C_{27}	7	9	8	8	0.777 8	1	0.888 9	0.888 9

表4 转进展开指标各状态变量的突变值

状态变量 突变值	C_1 $X_a = a^{1/2}$	C_2 $X_b = b^{1/3}$	C_3 $X_c = c^{1/4}$	C_4 $X_d = d^{1/5}$
油库一	1	0.928 3	0.939 1	1
油库二	0.892 3	0.977 3	0.971 0	0.976 7
油库三	0.960 7	1	1	0.976 7
油库四	0.894 4	0.977 3	0.939 1	0.976 7

由于 (C_8, C_9) 、 (C_{10}, C_{11}) 为互补型指标,其余为非互补型指标,按照“非互补原则”,得到四个油库的转进展开指标突变值分别为:(0.928 3, 0.892 3, 0.960 7, 0.894 4),按照同样的方法可以算得其余指标的突变级数值,最后即得到各油库油料保障能力总突变关联函数值,见表5。

表5 评估结果

油 库	总突变关联函数值	总排名
油库一	0.939 1	4
油库二	0.944 6	3
油库三	0.970 1	1
油库四	0.945 7	2

从表5可以看出,油库三的总突变关联函数值最大,说明该油库反恐油料支援保障准备最为充分,遇有突发险情需处置时,在油料保障任务分配决策时应优先考虑抽调油库三。

5 结论

综上所述,突变级数法在油库反恐油料保障能力评价

中,是对非线性系统进行评估分析的一种有效方法,简化了决策过程,有效减少人为因素影响,为优选对象提供定性依据。在油料机关实施后方油库反恐油料保障能力检验评估和油库自评方向有较为广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 谭春桥,王凯.“4+1”模式军事人才培养综合素质评价研究[J].装甲兵工程学院学报,2003(2):76-80.
- [2] 王志明,刘恒博.基于突变级数法的通信方案优化[J].通信导航与指挥自动化,2009(4):16-20.
- [3] 郑雯,刘金福.基于突变级数法的闽南海岸带生态安全评价[J].2011(2):146-150.
- [4] 李挺,吴杰.基于突变理论的通信干扰系统效能评估[J].通信导航与指挥自动化,2010(2):60-63.
- [5] 李勇.层次模型基本理论及其应用[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2014,31(3):42-45.
- [6] 刘春梅.基于突变级数法的突发自然灾害风险等级评价[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2013(6):746-749.

(责任编辑 唐定国)

(上接第64页)

参考文献:

- [1] 申培刚.高速无链供弹运动交接动态特性分析[D].南京:南京理工大学,2013.
- [2] 安雪斌,潘尚峰.多体系统动力学仿真中的接触碰撞模型分析[J].计算机仿真,2008(10):99-100.
- [3] 李增刚.ADAMS入门详解与实例[M].北京:国防工业出版社,2006.
- [4] 王光建,范玉.高速输送链传动设计、仿真与试验[J].机械工程学报,2013(12):159-161.
- [5] 唐文献,袁海波,李虎.基于ADAMS的某舰炮供弹系统

仿真研究[J].江苏科技大学学报,2010(1):63-64.

- [6] 机械设计手册编委会.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [7] 龙凯,程颖.齿轮啮合力仿真计算的参数选取研究[J].计算机仿真,2002(6):87-88.
- [8] 宋现春,姜红奎,张佐营,许向荣.滚珠丝杠副中滚珠与导珠管的接触碰撞分析[J].江苏大学学报,2008(5):374-376.
- [9] 申培刚,戴劲松,王茂森.基于ADAMS的推弹滑座与阻铁在不同倾角下的碰撞动力学分析[J].信息技术,2012(3):136-137.

(责任编辑 唐定国)