

突发事件应急启动机制的设计研究

□王光辉 陈 安 [中国科学院科技政策与管理科学研究所 北京 100190]

[摘 要] 启动机制是应急机制体系的重要组成部分,其合理性将直接影响突发事件应对的效率。从应急启动机制的内涵及其任务组成出发,将其设计分为启动类型的选择、启动等级的划分和启动时间的确定。对启动机制的分类与分级问题进行探讨,提出突发性事件和渐发性事件的一般性启动过程,并从承灾体损失和应急成本的角度出发,对单一突发事件和链式突发事件的启动策略和启动时间分别进行分析。

[关键词] 突发事件; 应急启动机制; 启动类型; 启动等级; 启动时间

[中图分类号] D523.29

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-8105(2012)04-0044-05

启动原指发动或开动,最早应用于机械和计算机等领域,如启动汽车马达、计算机启动等。鉴于其在工程领域的主要作用,启动机制的设计和分析逐渐成为该行业的研究热点。社会科学对启动机制的研究最早产生于法律和经济领域,如民事案件再审的启动机制研究等^[1,2]。应急管理作为一个侧重于过程的研究领域,同样需要首先对其启动过程进行分析^[3]。

一、现代应急机制体系

应急机制是突发事件应对过程的重要组成部分,它规定了应急体制的构造及其运行规律。我国对于应急机制的研究仍处于起步阶段,主要对其组成和分类进行分析。从应急全生命周期的角度出发,有学者将应急机制分为监控与启动机制、处置与协调机制、运行与评价机制、监督与奖惩机制和终止与补偿机制^[4]。现代应急机制的这些组成部分之间存在密切的逻辑关系,任何一个或几个机制都不可能独立完成应急任务。例如,对于处置与协调机制,当开始处置某一突发事件时,需要同时考虑指挥过程可能会涉及的相关主体,即处置机制应与协调机制同时启动^[5]。

监控与启动机制处于应急管理过程较为靠前的位置,决定是否运行其他机制的阀门。监控机制与启动机制是相互影响的,监控过程是在灾害发生之前,对风险事件进行的一系列监视和控制的方法,

有效的监控机制可以快速准确地定位突发事件的状态;启动机制是当被监控突发事件的参数超过某一给定阈值,或突发事件的影响范围和程度满足给定条件时,合理选择预案的启动类型、启动等级和启动时间,并进一步表明系统是否进入应急状态。

二、应急启动机制的内涵及其判据分析

(一) 应急启动机制的内涵

鉴于监控机制与启动机制的关系,有学者将应急启动机制定义为判断某一突发事件是否达到一定的危害程度以及是否需要启动应急举措的一套方法^[4]。该定义从灾害性事件的发生与发展过程出发,探讨监控过程与启动过程的关系,更多侧重于分析事件的渐发过程。对于地震、泥石流等突发性灾害事件而言,灾害在某一时间点突然爆发,没有相应的监控过程和监控参数的变化。此外,对于发生在无人区的灾害性事件,按照上述定义同样需要启动应急预案,但是2001年的昆仑山地震虽已达到8级以上,相关部门并没有启动相应的应急响应。

上述应急启动机制的定义具有片面性,未能全面地反映各类突发事件的应对和启动过程。有效的启动机制需要综合考虑多方面的因素,具体需要具备两个主要特点:消耗一定的社会资源;客观上已经起到救援作用或主观上计划可以起到救援作用。本文认为启动机制的主要任务是在全面分析启动机制判据和影响因素的基础上,选择启动什么类型的

[收稿日期] 2012-06-08

[基金项目] 国家自然科学基金重大研究计划培育项目:非常规突发事件的“事中”评价策略与动态研判方法研究(91024004)。

[作者简介] 王光辉(1987-)男,中国科学院科技政策与管理科学研究所博士研究生;陈安(1970-)男,中国科学院科技政策与管理科学研究所研究员,硕士生导师。

应急预案;启动何种等级的应急响应;何时启动应急预案等问题。

(二) 应急启动机制的判据分析

启动机制一般在事件发生质变后运行,其运行过程需要全面分析突发事件的影响因素及其主要判断依据,而启动机制判据的设计将直接影响事件的救援效果。根据启动机制的指标和参数是否可以直接度量,应急启动判据可分为可直接度量的判据和不可直接度量的判据。

1. 可直接度量的应急启动判据

对于可以直接量化的突发事件来讲,选取决定和影响突发事件破坏性和危害性的指标或参数,通过数据挖掘的方法,获取和分析相关指标和参数的动态数据。有学者通过分析将可直接度量的应急启动判据分为如下三类:1)单信号启动判据。当描述突发事件风险的参数或指标之间是“或”的关系时,任何一个参数或指标都可以直接反应事件的严重程度,只要众多信号中的一个超过阈值,就应该采取相应的启动策略。2)多信号启动判据。当描述突发事件风险的参数或指标之间,既有“或”的关系,又有“与”的关系时,必须“与”关系的指标都超过启动阈值,“或”关系的指标中至少有一个超过了启动阈值,就应该采取相应的启动策略。3)全信号启动判据。当描述突发事件风险的参数或指标之间是“与”的关系时,只有当全部信号都超过阈值时,才会启动应急策略^[6]。

2. 不可直接度量的应急启动判据

许多突发事件的破坏性和危害性是不能用可量化的指标直接进行度量,需要通过“专家滚动会商制度”或其他技术手段对其进行分析。常用的专家会商法包括AHP法和Delphi法等,专家通过对事件危害因子和影响因子的分析,判断哪些因素可以间接反映突发事件的破坏性和危害性,并根据同类突发事件案例库的数据和专家经验决定各类因子的权重,最后通过相应的专家评价方法,将危害因子和影响因子进行加权,作为启动机制的判断依据。

三、应急启动机制的分类与分级问题

为了高效启动应急机制,我国在《中华人民共和国突发事件应对法》中,将突发事件划分为四类。此外,有学者从其他角度将突发事件分为突发性事件和渐发性事件。突发事件的分级及其预警分级则从更全面的角度对突发事件的严重性和危害程度进行界定。本节将从突发事件的分类和分级的角度出发,讨论应急启动机制的分类及应急响应等级的界

定问题。

(一) 应急启动机制的分类

应急预案是面对突发事件的应急管理、指挥、救援计划等。应急响应是应急预案的主要组成部分,是政府推出的针对各种突发事件的应急方案,通过该方案使损失降到最低。在2006年1月8号公布的《国家突发公共事件总体应急预案》中,将应急方案具体分为I、II、III、IV级。应急预案和应急响应共同构成启动机制的客体,并决定启动机制的类型和等级。根据突发事件分类的维度,可将启动机制的对象分为八类,如表1所示。

表1 应急启动机制的分类

	自然灾害	事故灾害	公共卫生事件	社会安全事件
突发性事件	地震、泥石流	火灾、交通事故、生产安全事故	食物中毒、群体性不明原因疾病	恐怖袭击事件
渐发性事件	旱灾、洪涝灾害	环境污染、生态破坏事件	传染病疫情、动物疫情	经济安全事件

突发性事故灾害启动机制的典型案例分析是消防启动机制。《中华人民共和国消防法》第三十二条第四款,规定了消防队接警出动和到达火场后的具体任务。从接到出动命令到消防车驶离车库不得超过一分钟;消防队接警出动后,应当选择最近路线迅速、准确、安全地赶赴火场;途中要随时了解火场情况,做好扑救火灾的准备工作;如遇另一起火灾,要根据具体情况采取相应对策。

渐发性自然灾害启动机制可以用长江地区洪涝灾害的应急监控与启动系统进行描述,如图1:

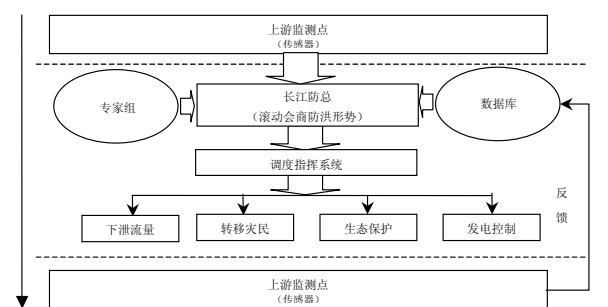


图1 长江地区洪涝灾害应急监控与启动系统

首先,在三峡上下游选取典型监控点,设置传感器,对相应地区的降水量和河流水位进行实时监控,并将监控信息传递给三峡防洪总控室;其次,总控室将上下游传感器的数据输入洪水模拟仿真系统;最后,一旦降水量、水位值以及模拟的相关指

标值超出阈值,系统将迅速启动应急响应,并召集专家进行24小时滚动会商,确定洪灾应对方案。

本文将突发性灾害事件和渐发性突发事件的启动流程分为启动确认阶段、启动上报阶段、启动评估阶段、启动执行阶段和启动反馈阶段。由于突发性灾害事件和渐发性突发事件发生、发展、演化和终结的机理不同,它们的应急启动过程也具有差异性。图2、图3分别详细地描述了两类突发事件的应急启动过程。

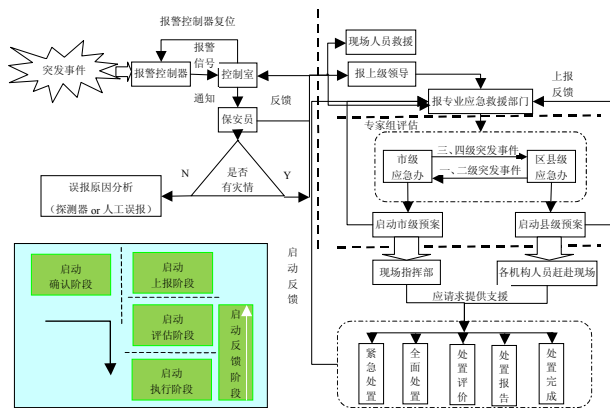


图2 突发性灾害性事件的应急启动过程

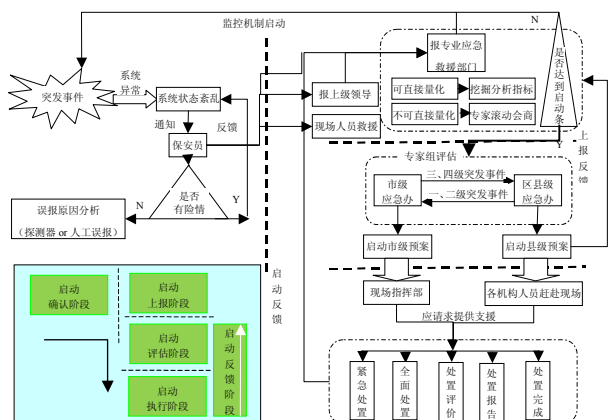


图3 渐发性灾害性事件的应急启动过程

(二) 应急启动机制的分级

根据突发事件的破坏性和危害程度,将突发事件及其预警等级分为四级。一旦发生重大突发事件,应根据突发事件的具体情况,迅速成立应急领导和工作小组,并启动相应类型的应急预案,发布相应等级的应急响应等。我国在应急响应方面的研究起步较晚,通过对国外相关材料的总结,通常把应急响应分为如下阶段:准备、事件检测、抑制、根除、恢复、报告等。不同类型突发事件对何时启动何种等级的应急响应已经制定了详细的规定。例如,在《高速公路交通应急管理程序规定》中:当道路交通中断24小时以上,造成车辆滞留并严重影响相邻3个以上省级高速公路的通行时,应该启动一级应急

响应。

不同等级应急响应反映应急救援主体对承灾体的施救力度。通常,四级响应的施救力度及其消耗的社会资源是最少的,对应的救援效果相对较低;而一级响应是消耗社会资源最多,救援效果最佳的响应等级。由于突发事件的发生和发展过程是动态变化的,在突发事件初期,可能只需要四级响应就可以控制和减缓突发事件的发展态势。随着突发事件破坏性逐渐恶化,需要不断调整应急响应的等级,使之适应突发事件的救援过程。这里仅考虑一种特殊的情况,即当突发事件发生后,救援主体根据突发事件的发展态势,分别启动四级、三级、二级和一级应急响应。图4描述了不同响应等级的救援效果,并通过承灾体的价值损失与变化情况来看表示。

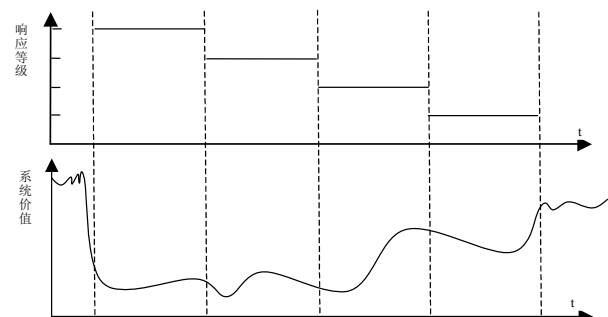


图4 在启动过程中,应急响应等级的动态调整

四、应急启动时间的选择及其分析

启动应急流程需要考虑的另一个主要问题是启动时间的确定,其合理性可以保证应急救援的效率。预案的启动时间并非越早越好,过早地启动应急预案和响应,虽然可以快速高效地达到救援的效果,但将导致社会资源的不必要浪费。过晚的启动应急预案和响应,救援主体将错过最佳的施救时机。因此,对启动时间的分析和讨论是启动机制研究的核心内容。

(一) 承灾体损失与应急成本的建模分析

突发事件发生后,承灾体的价值损失和救援成本的变动呈现一定的规律性,本文假设在突发事件发生初期,由于事件的破坏性相对较低,承灾体的价值损失和所需救援成本的增加相对缓慢;一旦突发事件全面爆发,承灾体的损失和救援成本的增加将呈现快速增长的态势;最后当承灾体的价值降到某一临界值以下,突发事件将在自然状态下结束,承灾体的损失与救援成本将趋于不变。根据上述假设,在突发事件发生、发展的全过程中,承灾体的价值损失和应急成本的变化过程近似如图5所示。

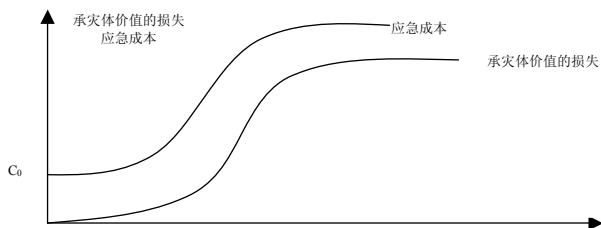


图5 承灾体价值的损失和应急成本的变化过程

为简化模型的复杂性, 本文仅讨论应急预案的启动时间点出现在承灾体价值趋于平稳变化之前, 即只考虑承灾体价值和应急成本变动的前半阶段。

一旦突发事件爆发, 突发事件对承灾体所造成的损失 p 是时间 t 的函数, 即 $p(t)$ 。当突发事件尚未发生时, 即 $t=0$ 时, 承灾体的损失为0 (损失最小)。由于 $p(t)$ 表示承灾体随 t 变化的损失函数, 即存在 $p(0)=0$ 。将 $p(t)$ 在 $t=0$ 附近进行泰勒级数展开, 在 $t=0$ 时, 假设 $p'(0)=0$ 。略去展开式中二阶以上的高阶项, 具体的展开式为:

$$p(t) = \frac{p''(0)}{2!}(t-0)^2 = \delta t^2$$

因此, 承灾体的价值损失函数为: $p(t)=\delta t^2$

同理可得, 应急变动成本的函数表达式为: $c(t)=\varphi t^2$; 应急总成本的函数表达式为: $c=c_0+\varphi t^2$ 。

(二) 单一突发事件启动时间的选择及其分析

1. 基本假设

(1) 救援主体对风险的态度是理性的, 即当突发事件造成损失的价值大于救援成本时, 启动应急预案;

(2) 突发事件对承灾体所造成的损失是随时间 t 变化的, 即 $p(t)$;

(3) 启动应急预案需要成本, 具体包括固定成本和变动成本两部分, 设为 $c=c_0+c(t)$, 且 $c_0>p_0$ 。(c_0 表示启动应急预案的固定成本; p_0 表示突发事件爆发初期的损失);

(4) 突发事件发生前, 救援主体已制定了各种类型突发事件的应急预案;

(5) 突发事件的结束有两种方式: 一是自然结束 (假设突发事件到最终总是能自动结束); 二是启动应急预案促使其结束;

(6) 假设事件结束后, 承灾体不需要额外成本来恢复至正常状态, 即恢复成本不影响问题的讨论。

2. 目标设定

在突发事件应对过程中, 应急预案的启动需要追求各种损失和成本的差值绝对值最小。设突发事件的持续时间为确定值 k , 当 $kp'>c$ 时, 应该启动应急预案; 反之, 则不启动。通常情况下, 在突发事

件发生初期, 突发事件的信息是不完全的, 应急救援主体不清楚突发事件的持续时间, 但突发事件持续时间的概率分布是可以得到^[7]。此时, 当 $E(kp')>c$ 时, 启动应急预案; 反之, 则不启动。

3. 启动方案的选择与启动时间的分析

在充分考虑是否启动应急预案及何时启动应急预案的过程中, 可以将预案的启动策略分为如下三种方案。

方案一: 不启动应急预案;

方案二: 在突发事件即将发生或开始监控时, 启动应急预案;

方案三: 当 $E(kp')>c$ 时, 启动应急预案, 即当突发事件已持续 t 个单位时间时, 如果 $tp'<c$ 且 $(t+1)p'>c$, 则救援主体应在 t 时刻启动应急预案, 否则不启动 (如图6)。

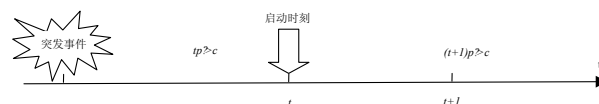


图6 启动时间的坐标表示

从承灾体损失及应急成本的角度, 可将上述三种应急启动方案在坐标体系中分别进行描述, 如图7所示。不同的坐标图示可以形象地表示, 在承灾体损失和应急成本的不同变化情况下, 是否应该启动应急预案以及何时启动应急预案。

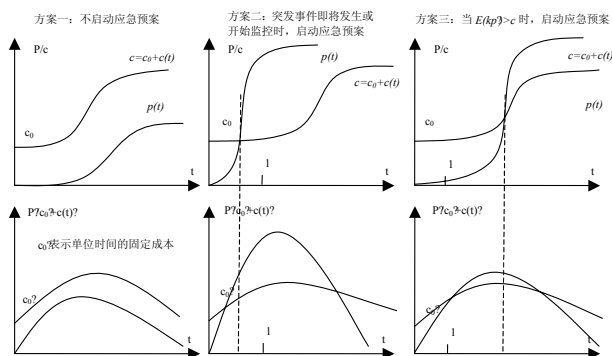


图7 应急启动方案的示意图

这里仅考虑最一般的情况, 即“方案三”的情况。由于初始目标为: 如果 $tp'<c$ 且 $(t+1)p'>c$, 则应急管理者在 t 时刻启动应急预案, 否则不启动。于是有:

$$p(t) = c = c_0 + c(t)$$

$$p(t) = \delta t^2$$

$$c = c_0 + c(t) = c_0 + \varphi t^2$$

$$\delta t^2 = c_0 + \varphi t^2$$

由“方案三”的坐标示意图可知, $\delta > \varphi$ 。故启动时间 t 为:

$$t = \sqrt{\frac{c_0}{\delta - \varphi}}$$

(三) 链式突发事件启动时间的选择及其分析

1. 基本假设

(1) 只考虑A→B(存在两个突发事件的基本情况)链式突发事件的情况,即A事件演变成B事件;

(2) A事件演变成B事件需要一定的条件,本部分假设A事件演变出B事件的概率为 q ,且 q 近似服从F分布(右偏),自由度 n_1 、 n_2 由事件种类和性质决定,如图8所示;

(3) 其他假设同6.2。

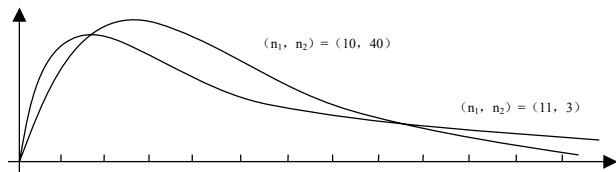


图8 A事件→B事件概率 q 的近似F分布

2. 链式突发事件应急启动方案的选择

链式突发事件的应急启动方案是事件A和事件B启动策略的组合,由于单一突发事件包括三种启动方案,本部分将其组合为三个层次的九类应急启动方案,具体包括无启动过程层次(方案一)、非正常启动层次(方案二~八)、正常启动层次(方案九)。

方案一:不启动,不启动;

方案二:不启动,提前启动;

方案三:不启动,当 $E_2(kp') > c_2$ 时启动;

方案四:提前启动,不启动;

方案五:提前启动,提前启动,即同时启动;

方案六:提前启动,当 $E_2(kp') > c_2$ 时启动;

方案七:当 $E_1(kp') > c_1$ 时启动,不启动;

方案八:当 $E_1(kp') > c_1$ 时启动,提前启动;

方案九:当 $E_1(kp') > c_1$ 时启动,当 $E_2(kp') > c_2$ 时启动。

动。

其中,最合理、最一般的策略为方案九,即当 $E_1(kp') > c_1$ 时启动,当 $E_2(kp') > c_2$ 时启动。

3. 链式突发事件中A事件到B事件的转化过程分析

根据假设,A事件演变出B事件的概率 q 近似服从F分布,则其概率密度函数可以描述为:

$$q(t) = \begin{cases} \frac{\Gamma[(n_1 + n_2)/2](n_1/n_2)^{n_1/2} t^{(n_1/2)-1}}{\Gamma(n_1/2)\Gamma(n_2/2)[1+(n_1 x/n_2)]^{(n_1+n_2)/2}}, & t > 0 \\ 0, & t = 0 \end{cases}$$

设 M_a 为事件A的强度等级, ρ 为事件A到事件B的演变系数,则事件A发生后的 t 时刻,事件B的强度为:

$$M_b = \rho M_a q(t)$$

已知事件B对承灾体的破坏系数为 η ,承灾体的原有价值为 P ,则事件A发生后的 t 时刻,由于事件B

导致承灾体的损失 p_2 为:

$$p_2 = \eta M_b P = \eta \rho M_a q(t) P$$

4. 链式突发事件应急启动时间的分析

事件A启动时间的选择同6.2。通过上述分析可得:事件B对受灾体所造成的损失是确定的,即 p_2 ;启动事件B的应急预案同样需要成本 c_2 。因此,突发事件B的预案启动时刻也是一个“单一突发事件启动时间的选择”的问题,只需通过分析事件A到事件B的转化关系,得出事件B对承灾体所造成损失和应急成本的指标或参数即可,具体过程如下:

$$p_2 = \eta M_b P = \eta \rho M_a q(t_2) P$$

$$t_2^* p_2 = c_2 = c_{20} + c_2(t_2) \rightarrow t_2 \eta \rho M_a q(t_2) P = c_{20} + c_2(t_2) \rightarrow t_2 = ?$$

同理,当链式突发事件涉及的灾害事件数量超过两阶段时,可将其转化为多个两阶段的问题,并分别进行处理。

五、总结

在突发事件的实际应对过程中,救援主体常常因为没有准确地把握突发事件的启动过程和启动时间,从而浪费大量的社会资源或延误最佳的救援时机。本文从突发事件应急启动任务的角度,简要地探讨了突发事件启动机制的设计过程,并指出突发事件启动机制需要完成三项任务:启动什么类型的应急预案;启动什么等级的应急响应;何时启动应急预案。最后,文章从突发事件对承灾体造成的损失和应急成本的角度出发,详细地探讨了单一突发事件和链式突发事件启动策略的选择和启动时间的分析问题。

参考文献

- [1] 罗丽娟. 我国民事再审启动机制研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- [2] 刘正林. 试论我国破产程序启动机制的不足与完善[J]. 武汉职业技术学院学报, 2005, (1): 12-16.
- [3] 于雷, 张建华. 大面积停电应急监控与启动机制设计的探讨[J]. 能源技术经济, 2010, 22(1): 21-25.
- [4] 陈安, 陈宁, 倪慧蓉. 现代应急管理理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 146-147.
- [5] CHEN An, WU Yan-nan. Framework and Modes of Managerial Mechanism Design Theory with Applications in Emergency Management [J]. Transactions on Emergency Management (Special Issue). 2010, (5): 55-62.
- [6] 张睿, 陈安, 崔玉泉. 现代应急管理中的监控与启动机制[J]. 应急管理汇刊, 2009, (2): 16-18.
- [7] 于辉, 陈剑. 突发事件下何时启动应急预案[J]. 系统工程理论与实践, 2007, (8): 28.

(下转第53页)