

组织弹性研究的现状和趋势

戴立操,李虎^①

(南华大学 人因研究所,湖南 衡阳 421001)

[摘要] 福岛核事故表明,组织安全需定位于组织本身的应对事故和风险的能力,即组织的弹性。文章在文献研究的基础上,研究了组织管理安全研究的发展过程,对近年来国外关于组织弹性的研究现状进行了介绍,包括弹性的定义、组织弹性的结构和部分测量方法。最后对研究现状进行评价并且指出未来的研究方向。

[关键词] 核电站安全管理; 组织弹性; 定义、结构和测量方法

[中图分类号] TM623 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2015)06-0013-05

核电站是技术和资金密集、能量巨大的工业系统。这类系统庞大复杂,一旦发生事故,不仅会导致人员伤亡及巨大的经济损失,而且会产生广泛的不良社会影响,安全运行极其重要。近年来,该领域严重事故时有发生,如何提高核电站的安全性已经成为安全研究领域重要课题。

核电站安全管理理论研究自20世纪50年代以来不断发展,研究对象从系统部件到人到运行组织。研究方法从系统部件可靠性方法发展到综合考虑人-机-环的PSA(Probabilistic Safety Assessment)方法。但无论是单个部件的“失效模式”分析,还是PSA的“假想系统事故发生的可能性”,安全研究始终处于一种“事后”的角度,亦即预先演绎系统失效模式,再分析和研究这些失效模式的根本原因。2011年福岛发生核事故,外部事件叠加内部系统失效导致核素释放到大气环境。福岛事故表明,随着复杂工业系统变得更加复杂,其风险边界扩展到系统存在的环境,其事故发生模式往往无法预测。事故的发生往往是由于多种因素的共同(同时)作用,是未知风险,是已知风险的未知组合。系统层次的复杂性,系统元素间复杂的作用方式等使得风险的产生过程与Reason^[1]的线性分析模型并不一致。组织定向的原因分析法越来越无法满足安全研究发展的需要。安全管理研究需定位于无论系统如何失效,组织需维持系统的安全裕度。研究者们已经达成共识^[2-5],安全研究需要从“事前”“主动”的角度,

研究组织的本质能力、组织弹性,即组织本身的强健性。

“弹性”起源于拉丁语中的“resilience”一词,意思是“反弹”。Hale and Heijer将组织的弹性定义为组织的一种能力,它能使组织在困难的环境中保持安全状态并避免风险^[6]。Pregenzer^[7]认为弹性是衡量系统吸收持续的、不可预测的变化,并保持其重要功能的能力。Vogus and Sutcliffe^[8]强调组织弹性即是组织在逆境情况下吸收变化和改善运作的功能。McDonald^[9]在组织的背景下这样定义弹性:组织弹性是组织适应环境要求,管理环境变异的特性。Allenby and Fink^[10]将弹性描述为:组织系统在遭遇外部和内部变化时,维持自己的功能和结构,甚至在必要时降低组织行为的能力。除了组织层面之外,有学者从社会的角度来研究弹性。Adger^[11]提出社会弹性是团体或社区应对由社会、政治和环境变化引起的外部压力和干扰的能力:面对动荡的变化,团体和社区预测风险、限制不良后果和通过生存、适应、成长的过程迅速恢复的能力。

综上所述,组织弹性的概念主要是指:(1)弹性是组织系统在面对环境(外部环境和内部环境)改变作出良性反应的一种能力;(2)弹性的能力表现为组织系统对于破坏性事件的“吸收”与“适应”,同时“恢复”也应是组织弹性的关键部分;(3)弹性的目的是恢复到组织的原始状态,即在破坏性事件发生前的状态。

[收稿日期] 2015-11-18

[基金项目] 国家社会科学基金项目“核电组织风险”资助(编号:11BGL086)

[作者简介] 戴立操(1969-),男,湖南衡阳人,南华大学人因研究所教授,博士。

^① 南华大学人因研究所硕士研究生。

一 组织弹性的结构与测量

(一) 组织弹性的结构

Cutter^[12]等人在对社区应对自然灾害的弹性进行问卷调查,提取出 36 个弹性变量,最后将这 36 个变量归类到 5 个维度:经济、基础设施、社会、机构和组织结构形式。Cutter 等人的研究主体是社区弹性。在此基础上,Pettit^[13]等人在调查研究工业供应链弹性过程中,定义了供应链弹性的两个关键因素:(1)供应链的脆弱水平。(2)供应链对混乱的抵

御和恢复能力。Shirali^[14]等人采用半定量方法评估流程工业的弹性,归纳出 6 个严格的弹性指标:(1)高层管理。(2)承诺。(3)学习文化。(4)意识。(5)准备。(6)灵活性。

(二) 组织弹性测量的定量方法

近来,有关组织弹性的定量研究方法发展很快,种类也比较多,而且已经有些定量方法被应用到一些领域中,也有一部分只是可供选择的方法。部分重要测量方法的主要特点见表 1。

表 1 组织弹性的定量方法

序号	主要表达式	文献来源	评价
1	$RL = \int_0^t [100 - Q(t)] dt$ ^[15]	Bruneau M, Chang S E, Eguchi R T, et al. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities [J]. Earthquake Spectra, 2003, 19(4):733-752.	①确定性、静态的弹性定量方法; ②具有可以广泛应用的优点。
2	$R = (t ej) \frac{\varphi(t ej) - \varphi(td ej)}{\varphi(t0) - \varphi(td ej)}$ ^[16]	Henry D, Ramirez-Marquez J E. Generic metrics and quantitative approaches for system resilience as a function of time [J]. Reliability Engineering & System Safety, 2012, 99:114-122.	①时间依赖性的弹性定量方法; ②用损失的恢复速度来表示弹性; ③建立了行为功能图,划分了三个系统状态。
3	$R(X, T) = \frac{T^* - XT/2}{T^*} = 1 - \frac{XT}{2T^*}$ ^[17]	Zobel C W. Representing perceived tradeoffs in defining disaster resilience [J]. Decision Support Systems, 2011, 50(2):394-403.	①确定性的弹性定量方法; ②通过计算在事件影响阶段损失的比率的衡量弹性。
4	$DR = \sum_{i=1}^n SO hr(ti) - SQwr(ti)$ ^[18]	Rose A. Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions [J]. Environmental Hazards, 2007, 7(4):383-398.	①考虑了系统恢复的时间依赖性的一面; ②建立了衡量组织系统动态弹性的模型。
5	$R = \frac{\% \Delta Y_{max} - \% \Delta Y}{\% \Delta Y_{max}}$ ^[18]	Rose A. Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions [J]. Environmental Hazards, 2007, 7(4):383-398.	①确定性、静态的模型; ②模型测量的是系统的输出可以避免的下降和最大的可能的跌落之间的比率。
6	$R = \max \sum_{i=1}^m Zi \frac{di}{ci}$ ^[19]	Wang J W, Ip F G W H. Measurement of resilience and its application to enterprise information systems [J]. Enterprise Information Systems, 2010, 4(2):215-223.	①将组织的弹性看做一系列操作的弹性; ②当操作恢复时间小于操作完成时间,R有可能大于 1,R 越大,弹性越大。
7	$R = \left(\frac{2 \times Emax }{ Emax + Ej } \right) - 1$ ^[20]	Orwin K H, Wardle D A. New indices for quantifying the resistance and resilience of soil biota to exogenous disturbances [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2004, 36(11):1907-1912.	①模型将干扰的瞬时状态和最大状态联系起来; ②模型优势:不需要考虑恢复的时间。

弹性测量定量方法的主要目的,在于对组织系统的弹性进行评估,同时为构建和改善组织弹性提供决策参考。由于组织性质的多样性以及所处的环境的高度复杂性,故不存在任何一种情境都使用的弹性定量方法。现对上述表格中的几种主要的弹性定量方法进行介绍,并讨论它们的特点和局限性。

1、Bruneau 弹性损失模型

Bruneau^[15]在对地震中社区弹性的研究中,建立了如图 1 所示的模型。在这个模型中,质量被用来衡量社区基础设施的损失和评估社区弹性。

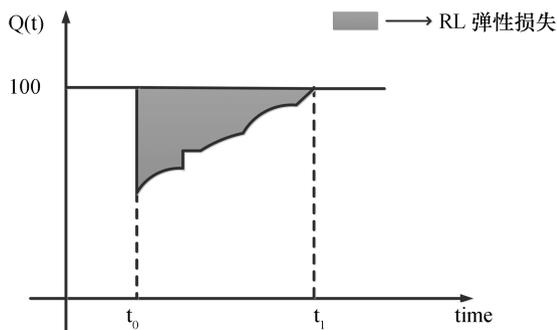


图 1 Bruneau 的弹性测量模型

Bruneau 的模型表达式为式(1)。社区地震发生前,社区的基础设施的质量是 100, $Q(t)$ 是 t 时刻基础设施的质量,时间 t_0 到 t_1 这段时间是质量的恢复期, RL (RL , Resilience loss) 在图 1(b) 中是阴影面积,这就可以看出, RL 越大,社区的弹性越小;相反, RL 越小,社区的弹性就越大。

$$RL = \int_{t_0}^{t_1} [100 - Q(t)] dt \quad (1)$$

Bruneau 提出的弹性评估模型,为组织弹性的测量提供了一个有力的工具。模型中,“质量”作为弹性损失的自变量。由于“质量”是个一般性的概念,所以这种方法可以应用于其他系统中。而且模型通过对比组织在破坏性事件发生前后组织的状态评估组织弹性,对后来学者的研究有一定的启示作用。

但是模型中隐藏的假设,即破坏性事件对组织的作用和组织恢复行为是瞬时发生的,不太符合现实规律。而且在不同的破坏性事件发生的情境下, RL 有可能出现相同的情况,因此组织的决策者也很难通过 RL 的大小做出正确的决策。

2、Zobel 的弹性改进模型

Zobel^[17] 在 Bruneau 研究的基础上提出了如图 2 所示的模型。

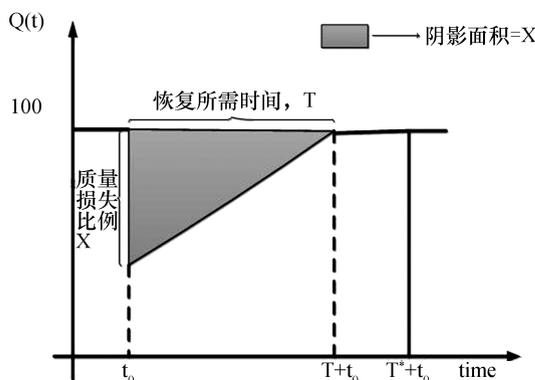


图 2 Zobel 的弹性改进模型

模型同样是通过测量系统质量的变化来监测组织遭遇破坏性事件后的恢复程度(见式 2)。在模型中, t_0 是破坏性事件发生的时间, T 是系统恢复到正常状态的耗时, X 表示系统质量损失的比率, $R(X, T)$ 是破坏性事件起始到系统恢复并保持稳定状态的时间段内,系统实际的质量与无破坏性事件发生时系统的质量的比率。 $R(X, T)$ 越大,表明系统的弹性就越大。

$$R(X, T) = \frac{T^* - XT/2}{T^*} = 1 - \frac{XT}{2T^*} \quad (2)$$

Zobel 区分了 T^* 与 T 的区别,并且认为组织的恢复期应该是恢复到原始状态并保持一段时间,优化了弹性损失的测量模型^[15]。采用事故发生是否发生破坏性事件的系统质量的比率形式,便于对系统进行横向和纵向的比较。 $R(X, T)$ 取值范围在 0 到 1 之间,表达方式更加简洁、直观。但是由于图 2 中的恢复曲线是线性的,这是一种近乎理想化的模型,所以在对系统弹性的测量上就不那么可靠。另外,不同的 X 和 T 的组合有可能会产生相同的弹性值,也会对此模型的应用带来不便。其他学者如 Henry^[16] 和 Rose^[18] 又在此基础上相继做了一些改进。Henry 改良了事故后系统行为模型图,将组织系统的状态细分为三个阶段,并且提出了时间相关性的系统弹性计量方法。Rose 通过比对组织系统在破坏性事件发生后有无弹性作用的恢复曲线的差异,近似地对组织弹性进行了测量。

3、WANG 的企业信息系统弹性测量模型

Wang^[19] 等人测量企业信息系统的弹性并提出信息系统弹性测量模型(见式 3)。其中, m 是企业信息系统操作的数量, d_i 是操作 i ($i = 1, 2, \dots, m$) 恢复所需要的时间, c_i 是完成操作 i 所需的时间, Z_i 是根据操作 i 的重要性赋予的权重。当所有的操作全部在所需的时间内恢复, R 值可以大于 1,且 R 值越大,系统弹性越大。

$$III(a) R = \max \sum_{i=1}^m Z_i \frac{d_i}{c_i} \quad (3)$$

这种方法将系统按照操作进行细分,从组织内微观(相对于考虑组织系统的整体质量而言)的角度测量系统弹性,对后来的学者有相当的启示意义。此方法最主要的限制是假定所有操作的数量和恢复行动的数量是已知的,但是现实系统中所面临的是未知的情景,尤其是对核电站这种庞大复杂的系统,其有效性更值得验证。

总的来说,已有的研究中,弹性测量的定量方法都是属于一般性方法,这种方法不考虑组织的结构,通过测量系统的行为来评估系统的弹性。基于模型中是否包含不确定性,一般性方法又分为概率性模型和确定性模型。

二 核安全评价发展方向

核安全评价从传统的失效模式到系统和组织的弹性测量已经逐渐被国内外研究者所认可。组织弹性研究为安全领域的研究提供了新的视角和理念,具有很高的理论价值与实践价值。研究者们已经从社会、经济、组织、工程的角度界定了弹性的概念,同

时也对弹性的结构进行了推理和归纳。组织弹性研究的重点是组织系统在应对外界环境和组织内部变化的“自发性”行为。未来,核电站组织弹性的研究着重集中在以下几个方面:

一是进一步清晰组织弹性的结构和测量。如上文所述,有关如何测量组织的弹性方面的文章很少,而且针对组织弹性结构设计的量表也并不统一。目前,学者们也只能自圆其说,并不能使他人信服。未来能否打破这一桎梏,还要采取访谈、编码、因子分析等严谨的开发流程构建量表,深入剖析弹性的结构,开发并完善弹性的测量方法。

其次,明确组织弹性的影响因素和生成机制。研究者们对提取和辨析组织弹性的影响因素的研究还处于浅尝辄止的状态,未来不论在研究深度和内容广度都有很大的发展空间。比如,Shirali^[14]等人从安全文化的角度发现7个弹性指标,来论证安全文化对组织弹性的影响。但除此之外,组织结构、自动化水平、风险管理和事故分析等因素是否会对组织弹性造成影响,并且这些因素是通过什么媒介,何种机制作用于组织弹性还有待研究。

最后,研究需认识组织弹性的作用机制。国外的研究基本上已经证实组织弹性对于组织绩效有正相关关系^[21-25]。但系统与组织弹性之间相互作用机制的研究还处在起始阶段。由于核电站安全的特殊性,组织弹性如何作用于控制始发事件的发生,过程的控制和后果的缓解尚需进一步研究,也是核安全管理学界未来面临的重要课题之一。

[参考文献]

- [1] Reason J. Human Error [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990.
- [2] Ouyang M, Duenas-Osorio L. Time-dependent resilience assessment and improvement of urban infrastructure systems[J]. Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2012, 22(3):12-21.
- [3] Madni A M, Jackson S. Towards a Conceptual Framework for Resilience Engineering [J]. IEEE Systems Journal, 2009 3(2):181-191.
- [4] Fisher R, Bassett G, Buehring W, Collins M, Dickinson D, Eaton L, Haffenden R, Hussar N, Klett M, Lawlor M. Constructing a Resilience Index for the Enhanced Critical Infrastructure Protection Program [M]. 2010.
- [5] Linkor I, Creutzig F, Decker J, Fox-Lent C, Kroger W. Risking Resilience: Changing the Paradigm [J]. Nature Climate Change, 2014.
- [6] Hale A, Heijer T. Defining resilience [J]. E. hollnagel D. d. woods & N. leveson Resilience Engineering. concepts and, 2006:49-70.
- [7] Pregoner A L. Systems resilience: a new analytical framework for nuclear nonproliferation [R] // Sandia National Laboratories (United States). Funding organization: US Department of Energy (United States), 2011.
- [8] Vogus T J, Sutcliffe K M. Organizational resilience: Towards a theory and research agenda [C] // Systems, Man and Cybernetics, 2007. ISIC. IEEE International Conference on 2007:3418 - 3422.
- [9] McDonald N. Organisational resilience and industrial risk [J]. Resilience engineering. Concepts and precepts. Aldershot: Ashgate, 2006.
- [10] Allenby B, Fink J. Social and ecological resilience: Toward inherently secure and resilient societies [J]. Science, 2000, 24(3): 347-64.
- [11] Adger W N. Social and ecological resilience: are they related? [J]. Progress in human geography, 2000, 24(3): 347-364.
- [12] Cutter S L, Barnes L, Berry M, et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters [J]. Global Environmental Change, 2008, 18(4):598-606.
- [13] Pettit Timothy J, Fiksel Joseph, Croxton Keely L. Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework [J]. Journal of Business Logistics, 2010, 31(1):1-21.
- [14] Shirali G A, Mohammadfam I, Ebrahimpour V. A new method for quantitative assessment of resilience engineering by PCA and NT approach: A case study in a process industry [J]. Reliability Engineering and Systems Safety, 2013(119): 88-94.
- [15] Bruneau M, Chang S E, Eguchi R T, et al. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities [J]. Earthquake Spectra, 2003, 19(4):733-752.
- [16] Henry D, Ramirez-Marquez J E. Generic metrics and quantitative approaches for system resilience as a function of time [J]. Reliability Engineering & System Safety, 2012(99):114-122.
- [17] Zobel C W. Representing perceived tradeoffs in defining disaster resilience [J]. Decision Support Systems, 2011, 50(2):394-403.
- [18] Rose A. Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions [J]. Environmental Hazards, 2007, 7(4): 383-398.
- [19] Wang J W, Ip F G W H. Measurement of resilience and its application to enterprise information systems [J]. Enterprise Information Systems, 2010, 4(2):215-223.

- [20] Orwin K H, Wardle D A. New indices for quantifying the resistance and resilience of soil biota to exogenous disturbances[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2004, 36(11):1907-1912.
- [21] Martin-Breen P, Anderies J M. Resilience: A literature review[J]. 2011.
- [22] Parker S L, Jimmieson N L, Walsh A J, et al. Trait Resilience Fosters Adaptive Coping When Control Opportunities are High: Implications for the Motivating Potential of Active Work[J]. *Journal of Business & Psychology*, 2015(30):1-22.
- [23] Cambon J, Guarnieri F, Groeneweg J. Towards a new tool for measuring Safety Management Systems performance[J]. *Proceedings Symposium on Resilience Engineering*, 2006.
- [24] Idayanti. Strategic human resources management, organizational change, organizational resilience and improvement of organization performance on the hospitality industry[Z]. US: UNHAS,2012.
- [25] Ali E. Akgün, Halit Keskin. Organisational resilience capacity and firm product innovativeness and performance[J]. *International Journal of Production Research*, 2014, 52(23):6918-6937.

Development of Organization Resilience Engineering Study

DAI Li-cao, LI Hu

(*University of South China, Hengyang 421001, China*)

Abstract: Accident in Fukushima shows that organization safety should focus on the ability to cope with accidents and risks, e. g. the resilience of organization. The paper, on the basis of literature review, studies the evolvement of organization safety management. It introduces the nowadays study of organization resilience, the definition, structure and some measurement methods. It reviews on today's development and direction to the future study at the end.

Key words: nuclear power plant; organization resilience; literature review