

# 硼化工环境应急系统的耗散结构功能机理 及其生态化转向探讨

钱洪伟

(河南理工大学,河南焦作454000)

**摘要:**首先提出开展硼化工环境应急系统研究的可能性与可行性,将耗散结构与生态学理论方法引入硼化工环境应急系统研究中,剖析硼化工环境应急系统的耗散结构表征、生态化转向,从而完善其耗散结构作用机理。指出进行硼化工环境应急系统生态化趋势深入研究是开展硼化工环境安全评估方向探讨的基础性工作。

**关键词:**硼化工;环境应急;耗散结构;环境安全

中图分类号:TQ128.1

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2010)11-0086-04

## Formation mechanism of dissipative structure of environmental emergency response system for boron chemical industry

QIAN Hong-wei

(Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

**Abstract:** The possibility and feasibility of carrying out the research on environmental emergency response system of boron chemical industry are proposed. The dissipative structure and ecological theory method are introduced to the research on environmental emergency response system of boron chemical industry. The structure characterization of dissipative systems and ecological turning in environmental emergency response system of boron chemical industry are analyzed, and the mechanism of dissipative structure is improved. It is pointed out that the in-depth study on ecological trend of environmental emergency response system is the basic work that explores the direction of metallurgical environmental safety assessment.

**Key words:** boron chemical industry; environmental emergency; dissipative structure; environmental security

硼化工行业开发具有产业链条冗长、物质流和能量流等多种物态混合交叉、生态环境质量及污染的可控性及治理性都很难掌控等特点<sup>[1]</sup>。一旦发生行业生产突发事件,不仅会危及行业生产安全,还往往波及上、下游产业链条,甚至影响社会全局,造成公共危害事件。因此,硼化工环境应急应当具有超前性。一方面,在行业技术推动下,行业防范突发事件的措施、手段日益进步,如对硼化工行业的废渣污染、车间有毒有害气体外泄等灾害发生,采取了许多防范和应急处理的对策;另一方面,硼化工行业技术事故的发生,诸如硼化工原料铁矿石有害元素辐射、危险物理化学实验品泄漏、环境污染物超标等,可能对硼化工行业,乃至社会造成大面积危害,从而成为硼化工行业应急研究的新领域。大量事实与实践表明,一个行业是否具备现代意义上的应急功能,不仅关系到行业本身的发展或生态化进程,还会影响到整个社会的安全以及经济的发展。

## 1 应急系统结构及功能

### 1.1 应急系统概念界定

硼化工环境应急系统是针对硼化工环境安全评价研究课题,即从系统工程理论中提炼出来的。所谓硼化工环境应急系统,就是能适用于硼化工行业重大突发事件应急处理的一个比较稳定的组织网络。建立这种网络是加强硼化工环境应急工作的重要内容。以美国为例,早在20世纪70年代,美国就组建了国家层面的专门应急机制——联邦应急管理局(FEMA)<sup>[2]</sup>,他为整个美国的应急管理设定全部操作标准和指导纲要,开展各种应急培训等,他实际是一个综合性很强的应急管理部门,他把所有级别和所有类型的应急工作总揽起来,统筹研究和分析,然后做出各种预案。在这个意义上,引入“硼化工环境应急系统”这一术语,对于硼化工环境安全评价研究方法的突破是非常重要的。从概念定义上

收稿日期:2010-08-16

基金项目:中国煤炭工业协会科学技术研究指导性计划(MTKJ-2010-358);河南煤矿安全生产科技发展计划(H10-78);河南省社科联项目(SKJL-2010-3020);河南理工大学博士基金资助项目(B2010-49)

作者简介:钱洪伟(1979-),男,博士,副教授,从事硼化工环境安全评估研究工作。

说,其是指一定的地域空间范围内由若干个相互作用、相互依赖的硼化工工业领域的事物所组成的具有特定功能的有机整体,其与人们对“系统”的一般性认识是一致的,因此这个概念是符合科学研究的规范化要求的。

1.2 应急系统的影响因素

硼化工环境应急系统的发展过程是一个动态的物质、能量流动过程。系统通过物质、能量的耗散与影响系统的若干要素或条件机制来形成和维持与平衡结构完全不同的时空有序结构,硼化工环境应急系统的结构就是借助于这样一个导向来分析的。影响硼化工环境应急系统的因素众多,不同的应急研究者依据不同的研究目的,选择了不同的出发点,从而对上述影响因素各有侧重。为研究方便,笔者将其影响因素归纳为社会因素、技术因素及环境因素等3个方面,见图1。

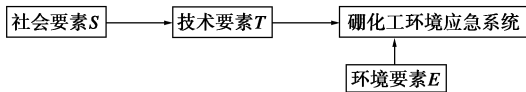


图1 影响硼化工环境应急系统运行的三要素及其关系

社会要素是指随着经济的发展和社会的进步,公众追求生活质量的提高和生态环境的改善已经逐渐成为一种自发和自觉的行动;从社会层面上讲,政府作为代表公众利益的组织,有责任、有义务、也有动力去倡导和实施节约资源、减少污染等有益于环境的经济行为<sup>[3]</sup>。对于技术要素,依据技术哲学的说法,技术要素包括主体与客体相关联,实质涉及实体要素、智能要素及工艺要素。其中实体要素指工具、机器及设备物质实体,亦即客体层面,智能要素指知识、经验及技能等主体层面。另外,工艺要素指表征实体要素与智能要素结合方式和运作状态的结构层面<sup>[4]</sup>。环境要素又称环境基质,是应急管理系统研究中构成过硼化工环境应急系统整体环境的

(上接第85页)

从表5中可以看出研制催化剂的转化率和工业应用催化剂的转化率基本相同,说明研制催化剂的活性达到工业应用催化剂的水平。

从图4中可以看出研制的上段催化剂积炭量0.2758%,远远低于工业应用上段催化剂积炭量0.5282%(图5),下段积炭量基本相同(图6、图7),说明研制催化剂的抗积炭性能超过工业应用催

各个独立的、性质不同的而又服从整体演化规律的基本物质组分,分为自然环境要素和非自然环境要素。

社会要素是必要的输入;技术要素是技术链条关键点及社会要素转化并影响促动硼化工环境应急系统运行的平台;环境要素则起到激励或约束作用,作用于技术要素。三要素共同作用的结果是硼化工环境应急系统必须融入社会要素、技术要素及环境要素的统一有机体中,并在这个基础上实现畅通运行。其中应该强调的是三要素缺一不可,且存在最佳匹配状态。应急管理研究者的目标就在于实现这一最佳匹配。基于上述分析,三者之间具有一个匹配关系(图2)。硼化工环境应急系统运行协调分析就是在三者匹配基础上进行宏观控制。

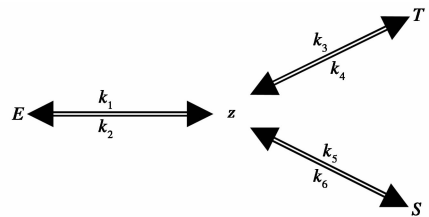


图2 三要素与系统运行协调间的关系

其概念模型可以设定为

$$z = \varphi(S, T, E) \tag{1}$$

$$z/S = \text{Max} \tag{2}$$

其中,z为理想的系统运行协调度,以式(2)为前提。S为最佳社会要素,T为最佳技术要素,E为最佳环境要素。

2 应急系统的耗散结构形成机制

从耗散结构理论<sup>[5]</sup>出发,对于式(1)与式(2),首先假设硼化工环境应急系统协调度z为该系统的状态变量,构成该系统的要素为状态参量,显然该系统必须与外界进行不断的物质、能量和信息交换,才能达到系统协调的可能性。因此该系统是一个

化剂。

5 结论

实验结果表明,放大制备的创新性天然气一段转化催化剂与小试制备的催化剂性能一致,与工业催化剂相比,该催化剂具有良好的活性、稳定性和抗积炭性能,该催化剂有很好的工业应用前景。目前使用该催化剂的工业单管试验正在进行中。■

开放系统。同时系统的状态参量是不均一的,状态参量之间存在着明显的非线性作用机制,其属性具有非线性函数关系表征。

所以该系统是一个远离平衡态的开放系统,就该系统的投入产出而言,使系统的有序度处在动态变化之中,即系统熵( $S$ )处于变化之中,即

$$dS = deS + diS \quad (3)$$

式中, $dS$ 为系统熵变, $deS$ 为输入与输出该系统的熵流代数和, $diS$ 为系统内部熵产生,其中, $diS \geq 0$ , $deS > 0$ 或 $deS < 0$ 。因而整个系统的熵变 $dS$ 取决于 $deS$ 和 $diS$ 的代数和。系统熵值越高越无序,反之系统越有序。

设硼化工环境应急系统状态变量用其运行协调度 $z$ 表示, $z$ 受 $S$ 、 $T$ 、 $E$ 3个状态参量控制,见图2。

参考文献[6-7],从动力学观点看,

$$dz/dt = (k_2E + k_4T + k_6S) - z(k_1 + k_3 + k_5) \quad (4)$$

$$\lambda = (k_1 + k_3 + k_5)/(k_2E + k_4T + k_6S) \quad (5)$$

$$\lambda_0 = k_1/k_0E \quad (6)$$

式(4)、式(5)和式(6)中, $k_i$ ( $i=1,2\cdots 6$ )为转化速率常数, $\lambda$ 为控制参数, $\lambda_0$ 为系统平衡态的控制参数数值。 $\lambda$ 偏离 $\lambda_0$ 越大,系统距离平衡态越远。因此,可用 $\lambda$ 的数值表示系统偏离平衡态的程度。对式(4)积分可得:

$$z = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{(k_2a + k_4b + k_6c)[e^{-(k_1+k_3+k_5)t} + t(k_1 + k_3 + k_5) - 1]}{2(k_1 + k_3 + k_5)}$$

$$z = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{1}{\lambda[1 + e^{-(k_1+k_3+k_5)t} - t^{-1}(k_1 + k_3 + k_5)^{-1}]} \quad (7)$$

式(7)中, $a$ 、 $b$ 、 $c$ 为 $S$ 、 $T$ 、 $E$ 的变化率,当 $k_1 + k_3 + k_5 < 0$ 时, $z$ 的变化率比 $k_1 + k_3 + k_5 > 0$ 时要大,且变化方向取决于系统的 $k_2a + k_4b + k_6c$ 变化程度。

非平衡态热力学包括2个区域,即线性和非线性区域。当硼化工环境应急系统处于非平衡态线性区域时, $\lambda$ 接近于 $\lambda_0$ ,根据最小熵产生原理系统将保证非平衡态的稳定性,当有扰动产生时,系统将自发产生某过程而使系统恢复到与外界条件相适应的定态。当硼化工环境应急系统处于非平衡态非线性区域时控制参数 $\lambda$ 超过某临界值 $\lambda_0$ 时,系统的非平衡态可能失稳,这时任何微小的扰动都会使系统越来越远离原来的状态而发展到某种新的状态。

综合以上分析,受 $S$ 、 $T$ 、 $E$ 三要素控制的硼化工环境应急系统具有明显的耗散结构表征。

### 3 应急系统生态化趋势表征

硼化工环境应急系统生态化借用工业生态学及耗散结构理论的方法对应急管理生态系统进行多尺度的维度研究。从这个意义上来说,硼化工环境应急系统生态化是对应急管理的进一步深化与发展,是对应急管理科学中管理组织与环境这一基本问题的进一步阐述。虽然硼化工环境应急系统生态化仍需进一步完善,但从整个应急管理的发展进程及趋势来看,硼化工环境应急系统生态化可以作为整合应急管理研究的手段之一。

从行业分离看,硼化工环境应急系统涉及多个环节,传统微观管理主要关注物质的转化工艺、实现工艺的过程设备优化和工程放大以及为实现清洁、高效和低耗转化而进行的多个工艺的系统集成。传统微观环境管理认为,上述3个方面存在的问题就是发展过程工业的共性问题所在。正是在这样一个认识基础上提出了硼化工环境应急系统生态化方向。由此,通过认识硼化工环境应急系统生态化的表征,从而剖析硼化工环境应急系统作用机理,在这个基础上,硼化工环境应急系统的探讨才有可行性和适应性。具体包括:

(1)硼化工环境应急系统生态化与环境交互作用的耦合机制是硼化工环境应急系统的主要合力。硼化工环境应急系统生态化与环境影响之间存在着客观的动态耦合关系,一方面硼化工环境应急系统生态化进程的加快必然引起周围环境的变化,这种变化在硼化工环境应急系统生态化初期表现为环境恶化,中后期表现为环境得以控制(人们认识程度提高);另一方面,环境的变化必然引起硼化工环境应急系统生态化的加快,当环境恶化时则限制或遏制硼化工环境应急系统生态化进程。可见,硼化工环境应急系统生态化与环境之间存在着复杂的耦合关系。依据耗散结构理论,硼化工环境应急系统生态化与环境之间的耦合关系可以描述为开放的、非平衡的、具有非线性作用的自组织关系,这种耗散结构系统所肇始的硼化工环境应急系统生态化与环境变化之间的耦合机制呈现几个显著特征的耦合导向性,即进化导向性、动态梯度导向性、随机涨落导向性及协同导向性等特征<sup>[8]</sup>。

(2)物质流是硼化工环境应急系统生态化进程的主要载体。硼化工环境应急系统囊括范围比较广,涉及硼工业开发的大气污染物区域、水污染区域、土壤废弃物等污染类型,它们之间以硼工业全

过程开发的物质流为载体相互联系,其中能量流及信息流往往融合在多维的物质流里<sup>[9]</sup>,从而构成硼化工环境应急系统生态化过程的推动力。

硼工业中的物质流分析具有环境和社会经济意义。由于物质流是硼工业开发所固有的“行业流动”特征,硼工业开发中的环境污染物也“搭载”着物质流进行时空大范围的移动与扩散,因而在评估硼工业开发活动的环境影响时必须考虑其污染的跨境效应。此外,对物质流的任何干预(包括硼工业中的全流程改造,从而引起物质流所附带的能量流等的动力特征的变化)都会影响到硼化工环境应急系统的其他生态过程,甚至造成其他循环在局部范围内的瓦解。因此,硼化工环境应急系统生态化研究必须建立在耗散结构理论及工业生态学理论基础之上,通过相关理论架构深入了解物质流动态特征,从而保证硼化工环境应急系统生态化中物质流过程的流畅性。由此,硼工业开发战略对物质流过程的动力源影响应成为硼化工环境应急系统研究的重点评估内容之一。

(3)稳定性是硼化工环境应急系统生态化的一种可控制指标的表现。由于硼产业链条范围相对庞大,使其在接受硼化工环境应急系统环境压力冲击时,在一定阈值内,表现出极度的反应稳定性。而对环境压力的相对反应稳定性,必然使硼化工环境应急系统生态化在一定可控制范围内呈现相对较强的稳定特征。事实上,一个完整的工业生态系统最鲜明的标志在于系统与外界环境的协调性,这种协调性最主要表现在系统自身的稳定性<sup>[10]</sup>。从这个意义上讲,一方面有利于硼工业开发活动的进行,另一方面也使其环境压力富有一定的弹性。因此从耗散结构理论出发,只要其中环境压力控制在从“平衡态”到“非平衡态”阈值范畴之内,硼化工环境应急系统生态化就具有很好的系统稳定性。

正是由于上述复杂的界面交互作用、多样的生态化进程以及密集的人类开发活动干扰等因素,导致了硼化工环境应急系统生态化既具有一定程度的稳定性(阈值之内),但也会存在随时不稳定性(超出阈值控制范畴),从而构成了硼化工环境应急系统生态化的复杂性。

硼化工环境应急系统是一个涉及众多参与方以及政府部门的多层次、多功能且动态变化的复杂巨系统<sup>[11]</sup>,在这个方面,硼化工行业目前已经开展了诸多相关研究,如硼化工行业生产危险性评估<sup>[12]</sup>及

硼化工行业环境影响评价(战略环境评价)<sup>[13]</sup>等。因此,基于硼化工行业部门的行为模式,硼化工环境应急系统强调系统内众多要素在物质、信息和能量的流通与交换过程中,通过相互作用、相互影响、相互依赖和相互制约,构成工业生态学式生命周期阶段管理为特点,从而组成了具有一定结构和功能特点的复合生态系统。从这个意义上,硼化工环境应急系统研究的优势在于结合硼化工行业进行有针对性的分析,从而为从硼化工生态科学大尺度方向探讨提供有力佐证<sup>[14]</sup>。

## 4 结论

提出了硼化工环境应急系统概念、结构、功能及其影响要素;探讨了硼化工环境应急系统耗散结构形成机制及其生态化转向等问题,在上述研究基础上,指出硼化工环境应急系统的研究是硼化工生态科学大尺度研究的重要发展趋势。

## 参考文献

- [1] 殷瑞钰. 冶金流程工程学[M]. 北京:冶金工业出版社,2009.
- [2] 夏保成. 美国公共安全管理导论[M]. 北京:当代中国出版社,2006.
- [3] 程会强. 发展循环经济的动力机制[EB/OL]. [http://www.boaoform.org/CPF/News\\_Showcontent.asp?Seq=2005000664](http://www.boaoform.org/CPF/News_Showcontent.asp?Seq=2005000664), 2006-11-24/2009-01-20.
- [4] 陈昌曙. 技术哲学引论[M]. 北京:科学出版社,1999,92-100.
- [5] 彭少方,张昭. 线性和非线性非平衡态热力学进展和应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006:14,58-59.
- [6] 张明青,刘炯天,韩宝平,等. 选煤系统的耗散结构特征[J]. 中国矿业大学学报,2005,34(6):737.
- [7] 卞正富,张国良. 矿区复垦土地生产力的耗散结构模型[J]. 煤炭学报,1998,23(6):663-666.
- [8] 方创琳,杨玉梅. 城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律[J]. 干旱区地理,2006,29(1):1-5.
- [9] 殷瑞钰. 冶金流程工程学[M]. 北京:冶金工业出版社,2004:12,57-60.
- [10] 肖忠东,孙林岩. 工业生态制造[M]. 西安:西安交通大学出版社,2003:250,253.
- [11] 齐二石,王嵩. 城市应急管理系统的构建及系统分析研究[J]. 现代管理科学,2008(7):3-5.
- [12] 李德顺. 冶金企业危险源辨识与评价[D]. 沈阳:东北大学,2005.
- [13] 钱洪伟,薛向欣,安静,等. 战略环境评价在过程工业应用研究解析[J]. 环境保护,2008(12B):75-76.
- [14] 张懿. 绿色过程工程[J]. 过程工程学报,2001,1(1):10-11. ■