

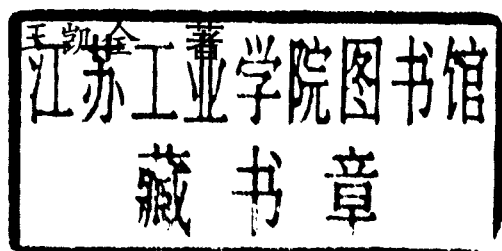
石油化工流程的 危险辨识

王凯全 著



NEUPRESS
东北大学出版社

石油化工流程的危险辨识



东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 王凯全 2003

图书在版编目 (CIP) 数据

石油化工流程的危险辨识 / 王凯全著. — 沈阳 : 东北大学出版社, 2003.3

ISBN 7-81054-841-7

I. 石… II. 王… III. 石油化工—安全技术 IV. TE687

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 013518 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 东北大学印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 140mm×203mm

印 张: 5.625

字 数: 146 千字

出版时间: 2002 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2003 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘淑芳

责任校对: 文 方

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

定 价: 20.00 元

序 一

作为国民经济的支柱产业，石油化工工业是一个经常与易燃易爆物品接触并在高温高压条件下运行的行业。目前，石化行业对重大危险源的判断和个别事故的控制已取得了较深入的成果。但是，如何评价并实现系统整体的安全，如何更加准确及时地识别事故隐患，仍然是必须解决的现实问题。本书作者在前人工作的基础上，将系统分析理论、突变理论、神经网络理论和可靠性理论用于危险辨识的研究和石化流程事故的分析 and 描述中。譬如，作者以大量事故分析为基础，建立了催化裂化火灾、爆炸、泄漏、紧急停车的事故故障树，并提出石化流程事故主要是由第二类危险源引起；安全保护系统的隐性故障使系统对事故失去控制作用是重大事故隐患等，对石化行业的安全工作均具有重要的实用价值和理论意义。另外，作者还建立了以两类危险源和安全保护系统两类故障为控制变量，以石化流程安全状

态为状态变量的蝴蝶突变模型并据此对石化流程事故模式进行了描述，这有别于以往运用尖点突变模型表达系统安全状态的研究，故具有创新性。

当然，作者从事的研究今后还有许多工作要做，譬如，在应用蝴蝶突变模型解释石化流程事故过程的定量方面还要进行进一步的工作。

中国工程院院士 胡永康

序 二

本书作者在查阅大量国内外文献资料的基础上，对石化流程危险辨识问题进行了分析和描述。本书涉及的知识面比较广泛，说明作者对当今本学科的国内外的学术和技术动态具有相当全面的了解，作者对石化流程有较好的了解，对催化裂化为主的系统所表现的和潜在的不安全因素进行了恰当的分析研究，探索其事故的致因和演化的规律，得出其主要的致因，提出了蝴蝶突变模型的演化规律，在认识石化流程事故致因与演化规律方面具有一定的全新见解和观点，将现代系统分析方法运用于危险辨识的研究，提出了分析和研究危险辨识安全性和可靠性的新颖方法并结合对石化流程的研究，编写了相应的计算机软件，力求将理论研究与实践结合，取得实用价值，说明本书在实验方法、探索问题的方法、计算与数据处理和分析方法方面是科学合理可行的，对学科和专门技术作出了一定的创新贡献，对石化流

程和安全技术工程的发展在理论上亦引入了创新的概念，其实用方法也具有重要的参考价值。

本书写论文笔流畅，无浮躁不实、夸大其词和华而不实的用语，力求实事求是地阐述问题，对成就有求实的评价，说明作者具有相当严谨的治学态度和朴实的科学作风。

中国工程院院士 戚颖敏

序 三

本书以石油化工流程中的危险辨识和控制为研究对象，对工业灾害控制的研究具有重要的理论及应用价值。本书以模糊理论、神经网络等数学手段为工具，系统地研究了石化流程危险源辨识的组成和层次；论述了系统模式识别的基本理论和方法；阐述了变化在事故致因中的影响；分析了石化流程中安全保护装置的工作方式和可靠性模型，得到了一系列有价值的结论。本书条理清晰，结构合理，表明作者具有系统全面的专业知识，深入坚实的理论基础和较强的独立科研能力，对安全科学理论、技术的研究有自己独特的观点。

中国科学技术学会副主席 冯长根

前 言

本书以系统安全理论、可靠性理论、神经网络理论、突变理论、现代控制理论以及计算机技术为基础,介绍了石油化工流程中事故的致因和演化过程、危险源的辨识、危险评价和危险辨识、危险控制和危险辨识、安全保护系统的可靠性和自身故障的可识别性等内容。

全书分为7章。第1章论述了对危险辨识的基本认识,阐述了危险辨识与危险源辨识的区别,提出了危险辨识三个组成部分的思想,分析了石化流程及其危险辨识的特点,明确了研究的内容及意义;第2章对石化流程事故进行了统计和分类,运用故障树分析了石化流程事故的主要致因,提出了描述石化流程事故的蝴蝶突变模型,阐明了石化流程危险辨识4个基本层次;第3章论述了系统模式识别的基本理论和方法,提出了第一类危险源变动和第二类危险源恶化的辨识模型,依此模型编制了计算机程序并用以解决实际的危险源辨识问题;第4章论述了变化在事故致因中的重要地位,完善了事故的作用连锁模型并将其运用于石化流程典型事故、管理原因以及直接原因造成的各类事故的辨识和控制,提出了基于作用连锁模型的危险辨识和控制的基本思路;第5章论述了危险辨识在危险评价中的地位 and 神经网络的主要特点,建立了基于BP算法的前向型神经网络危险辨识和评价模型,并依此对石化典型生产过程和

石化企业安全状态进行了危险辨识和评价；第6章论述了承担石化流程危险辨识功能的安全保护系统的工作方式，完善了系统故障的可辨识理论，分析了安全保护系统故障实例，提出了识别安全保护系统故障的基本方法；第7章运用可靠性理论，建立了安全保护系统的可靠性模型，完善了检测系统的最优组合理论，提出了两种测试方式组合时的最优判据。

本书可供从事石油化工危险管理和分析的人员使用，也可供高校安全工程专业的师生参考。

作 者

2002 年 11 月

目 录

1 绪论	1
1.1 关于危险辨识的基本认识	1
1.2 危险辨识研究的回顾和评论	6
1.3 石化流程及其危险辨识	22
1.4 本文要解决的问题及其意义	27
1.5 本文主要内容和结构	28
2 石化流程事故的分析和描述	31
2.1 石化流程事故的统计和分类	31
2.2 石化流程事故致因的分析——FTA 的应用	34
2.3 石化流程事故演化过程的描述——突变理论的应用 ..	46
2.4 本章小结	55
3 基于系统模式识别的危险源辨识	56
3.1 系统模式识别概述	56
3.2 第一类危险源变动的辨识和控制研究——模糊故障诊断 模式识别模型	59
3.3 第二类危险源恶化的辨识——模糊模式识别模型	69
3.4 本章小结	77

4	基于作用连锁模型的危险辨识和控制·····	78
4.1	变化在事故致因理论中的重要地位·····	78
4.2	事故的作用连锁模型与危险辨识·····	82
4.3	石化流程事故作用连锁模型及其危险辨识和控制·····	88
4.4	本章小结·····	93
5	基于神经网络模型的危险辨识与评价·····	94
5.1	危险评价中的危险辨识·····	94
5.2	神经网络及其主要特点·····	95
5.3	反向传播算法及其改进·····	101
5.4	运用神经网络进行危险辨识和评价·····	107
5.5	本章小结·····	116
6	安全保护系统故障的可辨识性研究·····	117
6.1	安全保护系统及其工作方式·····	117
6.2	安全保护系统故障的可识别理论·····	121
6.3	安全保护系统故障的可测性研究实例·····	126
6.4	本章小结·····	133
7	安全保护系统的可靠性研究·····	135
7.1	安全保护系统的可靠性模型·····	135
7.2	冗余配置时安全保护系统的可靠性分析·····	138
7.3	两种检测方式组合时安全保护系统的可靠性分析·····	143
7.4	本章小结·····	156
	参考文献·····	157

1 绪 论

1.1 关于危险辨识的基本认识

1.1.1 安全、危险与危险辨识

安全,一般被理解为“没有危险,不受威胁和不出事故的状态”。生产过程中的安全是指物(设备或财产)不受到损失,人不受到伤害(死伤或职业病)的状态^[1]。然而,人们在实践中发现,在生产过程中绝对的“没有危险,不受威胁”是不可能的,而“不出事故的状态”也只是一个概率事件,难以严格确定。

美国安全工程师学会(ASSE)编写的《安全专业术语辞典》以及《英汉安全专业术语辞典》中,赋予安全一个较为科学的定义:“安全意味着可以容忍的风险程度,比较地无受损害之忧和损害概率低的通用术语”^[1,2]。著名安全专家 A. 库尔曼在《安全科学导论》中进一步指出:“安全的定义包含着危险和危急所引起的可能的损害不会发生的可信程度”^[3]。日本著名安全专家井上威恭指出:“安全系指判明的危险性不超过允许的限度。”^[4]

可见,安全是相对的:安全中包含着一定的损伤;安全要通过对系统的危险性与允许的限度相比较来确认;安全是主观认识对客观实在的反应。我们说,某个生产过程是安全的,不但意味着我们确认其可能的损伤是在允许的限度内,而且意味着我们确认自己的主观认识与客观实在是统一的,即安全是以主观认识真实地反映着客观实在为前提的。

危险是发生意外事故的可能性。由于在任何生产过程中,这种可能性都只有大小之分而无有无之别,因此从防御事故的角度看,危险是绝对的。当系统发生事故的客观可能性很低或主观上认为很低(低于允许的安全限度)时,人们认为系统是安全的。可见,危险并不是安全的反义语,而“高于一定程度的危险”才是安全的反义语。换句话说,即“安全并不等于不危险”。这一命题,是安全工作之所以永葆青春的根据。

危险性,又称危险度,是描述系统危险程度的客观量,是描述系统危险引发事故的概率和事故后果的严重性的客观量。

系统危险性 H 、损伤的概率 P_d 和允许的安全限度 H_s 之间的关系为

$$H = f(P_d) \begin{cases} > H_s & \text{系统危险} \\ \leq H_s & \text{系统安全} \end{cases} \quad (1-1)$$

亦可表示为图 1-1。

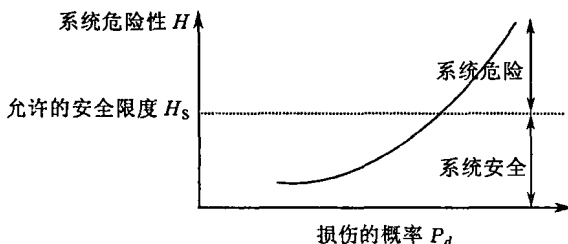


图 1-1 系统安全与危险的关系

综上所述,在允许的安全限度确定之后,在识别和确认系统危险或系统安全时,并不是(或不主要是)要判别系统是否存在危险,而是要判别系统危险性达到的程度,同时要注意所进行的主观判别要与客观实在保持同一性。

1.1.2 危险源、事故与危险辨识

危险源即危险的根源,是事故的原因因素。根据能量意外释放引发事故的理论,危险源可分为两类:第一类危险源是可能发生意外释放的各种能量或危险物质;第二类危险源是使能量或危险物质的约束、限制措施失效、破坏的原因因素^[5]。

事故是“在人们生产、生活活动过程中突然发生的、违反人们意志的、迫使活动暂时或永久停止,可能造成人员伤亡、财产损失或环境污染的意外事件”^[6]。事故是两类危险源共同作用的结果。在两类危险源作用的不同程度和不同阶段,系统出现偏差、故障、隐患、异常等可识别的危险状态,直至各类事故^[7,8]。

危险源辨识与危险辨识有不同的内涵。危险源辨识是“发现、识别系统中危险源”^[6],危险源辨识的目的是“采用某些方法找出危险源”^[2]。危险辨识是发现、识别和确认系统的危险源和危险状态的工作。危险辨识的目的是预防各类事故以及事故后果。

由于危险辨识必须以正确认识危险源为基础,因此在许多文献中,人们都把危险辨识和危险源辨识等同看待。但是,对于一个具体的生产系统,特别是石化生产系统而言,危险源是实在的、难以避免的,而事故是随机的、可以预防的。为了预防各类事故,危险辨识不但要对系统危险源的大小、方位进行确认,更要对系统因危险源的作用而出现的偏差、故障、隐患、异常等危险状态进行识别。即,不但要全面地辨识危险的根源,而且要对危险源发展成为事故的历史过程进行系统的考查。因此,危险源辨识并不是危险辨识的全部内容。在危险源确认之后,两类危险源相互作用的情况以及系统在其生命期内可能出现的各种危险状态也是危险辨识的重要内容。

1.1.3 系统观与危险辨识

现代工业技术的发展要求人们以联系的、变化的、整体的系统观对待安全问题。显然,危险辨识中也必须坚持系统观。

一切生产系统都是动态系统。在生产系统运动过程中,其动态结构反馈机制及各种内外动力和制约等都在发生变化;两类危险源在相互转化;主要危险因素与次要危险因素在相互转化;非危险因素与危险因素在相互转化;系统及其危险程度和状态在变化。危险辨识应顾及这些变化。

一切生产系统都是客观系统。对系统危险源和危险性的判断,必须源于对客观系统的正确、真实的认识而不能是主观的曲解,辨识手段的先进性和可靠性是危险辨识的基本条件。因此在进行危险辨识的研究中应对此予以关注。

辩证唯物论是系统观的基础^[9],辩证唯物论的认识论是人类正确认识客观世界的有力武器。毫无疑问,这个认识论也是进行危险辨识必须遵循的基本依据。辩证唯物论的危险辨识要求始终以发展的、全面的观点探讨安全、危险、事故、系统安全工程与危险辨识的辩证关系,考查系统中的危险因素及其演化过程。

1.1.4 系统安全工程与危险辨识

危险辨识源于风险管理。20世纪50年代,美国联合公司提出:风险管理和安全工作应包括风险辨识(Identification)、风险评价(Evaluation)、风险控制(Control)三项内容^[4]。20世纪90年代初,陈宝智教授提出了“危险源辨识、危险源评价、危险源控制是系统安全工程的基本内容”的命题^[5],将危险源辨识作为系统安全工程的重要组成部分,使系统安全工程成为具有完整、独特内涵的科学,指明了系统安全工程研究的方向。

考虑到危险辨识较危险源辨识具有更广泛的内涵,从预防各

类事故及其后果的角度出发,我们把系统安全工程的基本内容概括为“危险辨识、危险评价和危险控制”。

“危险辨识、危险评价和危险控制”并非严格地分阶段进行,而是相互交叉、相互重叠进行的,它们既有独立的内涵,又相互融合,构成了系统安全的有机整体。图 1-2 为系统安全工程的逻辑结构^[10]。

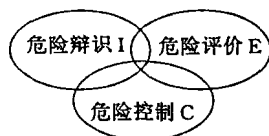


图 1-2 系统安全工程的逻辑结构

图 1-2 的结构说明,系统安全工程可表达为

$$S = I \cup E \cup C \quad (1-2)$$

式中 S ——系统安全工程;

I ——危险辨识;

E ——危险评价;

C ——危险控制。

图 1-2 的结构还说明,危险辨识应包含三个部分。

(1) 危险源辨识 I_1

$$I_1 = I - (I \cap E) \cup (I \cap C) \quad (1-3)$$

I_1 为对系统危险源辨识,侧重于辨识系统固有的、潜在的危险因素的大小及其在时空上的部位,是危险辨识的基础。

(2) 危险评价中的危险辨识 I_2

$$I_2 = I \cap E \quad (1-4)$$

I_2 为与危险评价同时进行的危险辨识,侧重辨识系统的危险因素引发事故的频率和事故可能的后果,以便对照允许的安全限度,评价系统的安全程度。