



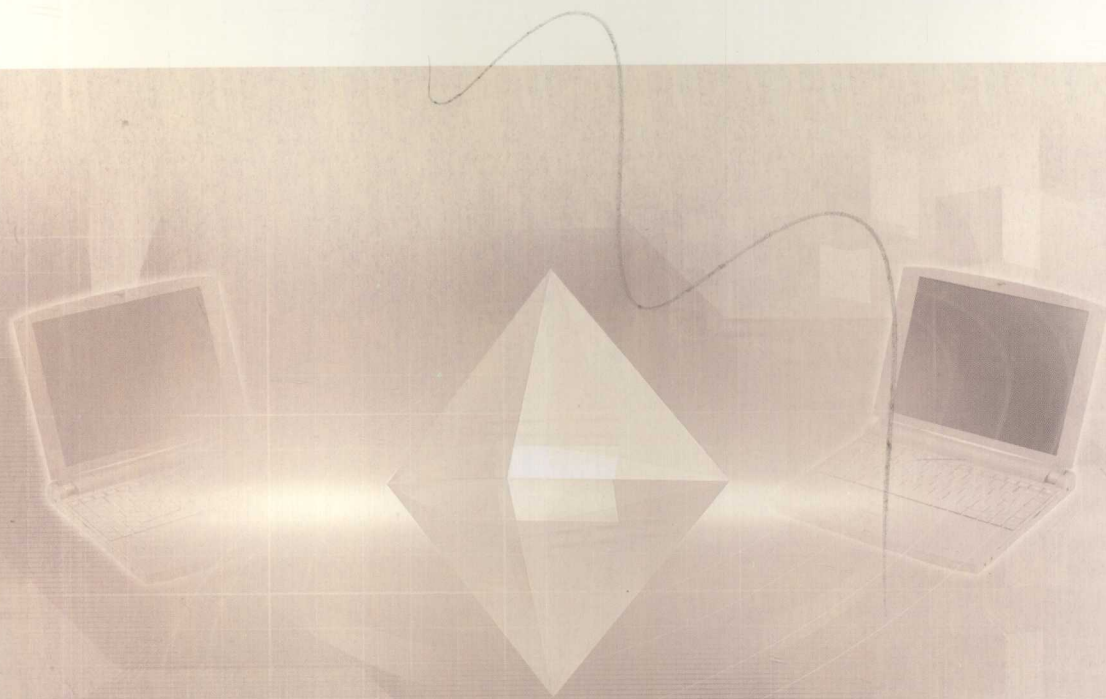
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

XITONG ANQUAN PINGJIA YU YUCE

系统安全评价与预测

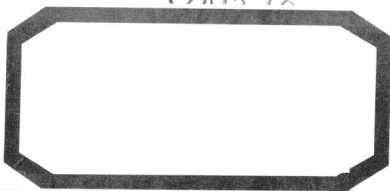
第二版

景国勋 施式亮 主编



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

系统安全评价与预测

(第二版)

景国勋 施式亮 主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书系统地阐述了系统安全评价与预测的基本理论和基本方法,主要包括事故致因理论及危险源辨识、系统安全性分析方法、系统安全评价的基本理论以及定性和定量化方法、重大危险源评价实例分析、系统安全预测技术、人因失误率预测、事故预防及系统危险控制。该书结合我国安全生产实际,较为详细地阐述了系统安全评价与预测的基本理论、基本方法和应用技术,并反映了系统安全评价与预测的最新进展。

本书系“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,可作为安全工程专业本科生教材和安全技术及工程专业研究生参考用书,亦可作为采矿工程专业、安全管理人员、生产技术人员和研究人员的参考教材及参考书。

图书在版编目(CIP)数据

系统安全评价与预测/景国勋,施式亮主编. —2版.

徐州:中国矿业大学出版社,2016.1

ISBN 978-7-5646-2638-9

I. 系… II. ①景…②施… III. ①系统工程—安全工程—高等学校—教材 IV. ①X913.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第041176号

书 名 系统安全评价与预测

主 编 景国勋 施式亮

责任编辑 杨 廷

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 24.75 字数 618 千字

版次印次 2016年1月第2版 2016年1月第1次印刷

定 价 40.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

本书编写人员

主 编：景国勋 施式亮

副 主 编：程卫民 杨玉中 袁东升

编写人员：景国勋 施式亮 程卫民

杨玉中 袁东升 伍爱友

吴立云 苗德俊 吴立荣

周爱桃

前 言

现代安全生产管理应用现代科学技术、管理方法、组织和个体行为理论分析生产系统和人们活动中的各种不安全因素,进行定性、定量的安全性和可靠性评价,进而采取有效措施,对系统和生产过程的安全性进行预测、预报,追求最有效的防范和规避,保障生产的正常进行和最佳效果。

作为现代安全生产管理重要手段的系统安全评价与预测,不仅能有效地提高企业和生产设备的本质安全程度,而且可以为各级安全生产监督管理部门的决策和监督检查提供有力的技术支撑。2002年6月国家安全生产监督管理局(国家煤矿安全监察局)发出了《关于加强安全评价机构管理的意见》,2002年11月1日《中华人民共和国安全生产法》颁布实施,将安全评价工作纳入法制化轨道,对于安全评价起到了极大的推动作用。随着包括《危险化学品安全管理条例》(国务院令 第591号)等相关配套法规的出台,安全评价逐步深入展开。目前,安全评价从劳动安全卫生预评价扩展为安全预评价、安全验收评价、安全现状评价和专项安全评价等四种类型,覆盖了工程、系统的全部生命周期,已经取得了初步成效。而系统安全预测是对系统安全状况在未来一定时期内变化情况进行的预测和分析,通过系统安全预测,以便安全技术人员和安全管理人員掌握事故发生规律,把握系统安全发展趋势,对于预防事故的发生,防患于未然具有指导作用。实践证明,系统安全评价与预测是“安全第一、预防为主、综合治理”安全生产方针在安全生产上的具体体现,是消除隐患、防范事故的一项治本之策。

自2002年事故总量出现拐点以来,我国安全生产的状况虽有所好转,但形势仍十分严峻,事故总量依然偏大,党和政府及社会各界都十分关注。在此背景下,由河南理工大学申请出版“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《系统安全评价与预测》,旨在为我国安全工程专业人才的培养提供系统、全面、实用的教学参考,为我国的安全评价工作提供理论和技术指导。

本书系统地介绍了系统评价与预测的基本概念、基本理论和常用方法。首先介绍了事故致因理论及危险源辨识,系统可靠性分析的有关知识。其次是系统安全性分析的内容,主要包括预先危险性分析、故障模式和影响分析、事件树分析和事故树分析等常用的系统安全性分析方法;在对系统安全评价概述的基础上,主要介绍了安全检查表法、作业条件危险性评价法、MES和MLS等定性评价方法,道化学火灾与爆炸危险指数评价法、ICI蒙德法、概率危险评价技术、

危险度评价法、日本劳动省六阶段安全评价法、模糊数学综合评价法、可拓综合评价法等定量化评价方法;在对系统预测概述的基础上,主要介绍了德尔菲法、交叉概率法和类推法等定性预测技术,时间序列预测法、趋势预测法、回归预测法、马尔柯夫预测法、灰色预测法、专家系统预测法和事故死亡发生概率测度法等定量预测技术。最后对人因失误率预测、事故预防及系统危险控制的有关理论、方法及对策进行了介绍。

本书由河南理工大学景国勋教授和湖南科技大学施式亮教授主编,编写人员由来自河南理工大学、山东科技大学和湖南科技大学具有丰富教学经验的老师组成,具体分工为:河南理工大学景国勋教授编写了第一章和第九章,湖南科技大学施式亮教授编写了第三章和第十一章,山东科技大学程卫民教授和吴立荣老师编写了第二章,程卫民教授和苗德俊教授编写了第十章,河南理工大学杨玉中教授编写了第四章和第七章的第二节和第六节至第九节,河南理工大学吴立云老师编写了第五章和第八章,河南理工大学的袁东升教授编写了第六章和第七章的第一节至第五节,全书最后由景国勋教授统稿。

本书的出版得到了中国矿业大学出版社的大力支持和帮助,在此对中国矿业大学出版社的支持和帮助表示由衷的感谢!对有益于本书编写的所有参考文献的作者表示真诚的感谢!

由于编者的水平所限,书中不当之处,敬请读者批评指正!

编 者

2015年6月

目 录

前言	1
第一章 总论	1
第一节 系统安全评价与预测的基本概念	1
第二节 系统安全评价与预测的内容及分类	7
第三节 系统安全评价的发展及现状	10
本章小结	14
思考题	14
第二章 事故致因理论及危险源辨识	15
第一节 概述	15
第二节 事故致因理论	19
第三节 危险源辨识概述	37
第四节 第一类危险源辨识	45
本章小结	53
思考题	53
第三章 系统可靠性分析	55
第一节 可靠性的基本概念及度量指标	55
第二节 故障发生规律	57
第三节 简单系统可靠性	69
第四节 复杂系统可靠性	77
第五节 可维修系统可靠性	85
第六节 提高系统可靠性	91
本章小结	97
思考题	97
第四章 系统安全性分析	99
第一节 系统安全性分析概述	99
第二节 预先危险性分析	101
第三节 故障模式和影响分析	105
第四节 事件树分析	114

第五节 事故树分析·····	117
本章小结·····	131
思考题·····	132
第五章 系统安全评价概述·····	133
第一节 系统安全评价的目的和意义·····	133
第二节 系统安全评价的依据·····	135
第三节 系统安全评价的原理和原则·····	137
第四节 安全评价的程序·····	141
第五节 系统安全评价方法的选择·····	143
第六节 系统安全评价的结论·····	147
第七节 安全评价技术文件·····	149
本章小结·····	171
思考题·····	171
第六章 定性安全评价方法·····	172
第一节 概述·····	172
第二节 安全检查表法·····	173
第三节 作业条件危险性评价法·····	183
第四节 MES 评价法 ·····	185
第五节 MLS 评价法 ·····	186
本章小结·····	186
思考题·····	186
第七章 定量安全评价方法·····	187
第一节 道化学火灾、爆炸危险指数评价法 ·····	187
第二节 ICI 蒙德火灾、爆炸、毒性指标评价法 ·····	218
第三节 概率危险评价技术·····	227
第四节 危险度评价法·····	231
第五节 日本劳动省六阶段安全评价方法·····	233
第六节 模糊综合评价法·····	237
第七节 TOPSIS 评价法 ·····	245
第八节 可拓综合评价法·····	250
第九节 改进的灰色关联法·····	256
本章小结·····	261
思考题·····	261
第八章 重大危险源评价实例分析·····	262
第一节 煤气作业区的评价·····	262

第二节 危险化学品重大危险源评价	265
本章小结	279
思考题	279
第九章 系统安全预测技术	280
第一节 系统安全预测概述	280
第二节 定性预测技术	283
第三节 时间序列预测法	289
第四节 趋势预测法	292
第五节 回归预测法	299
第六节 马尔柯夫预测法	310
第七节 灰色预测法	314
第八节 其他预测方法	318
本章小结	321
思考题	321
第十章 人因失误率预测	322
第一节 人因失误分析	322
第二节 人因失误概率及定量模型	333
第三节 人因失误率预测技术	339
第四节 人体生物节律预测法	344
本章小结	350
思考题	350
第十一章 事故预防及系统危险控制	351
第一节 事故可预防原理及宏观对策	351
第二节 事故预防的对策	355
第三节 事故预警和应急系统	360
第四节 系统危险控制的技术措施	367
本章小结	373
思考题	373
附录 物质系数和特性	374
参考文献	384

第一章

总 论

任何系统在其生命周期内都有发生事故的可能,区别只在于发生频率和损失严重程度不同而已。因为在系统的规划、设计、制造、试验、安装、使用等各个阶段都可能产生各种类型的危险因素。在一定条件下,如果对危险因素失去控制或防范不周,就会发生事故,造成人员伤亡和财产损失。为了抑制危险因素,使其不发展为事故或减少事故损失,就必须对它们有充分认识,掌握危险因素发展为事故的规律。也就是要充分揭示系统存在的所有危险因素及其形成事故的可能性和发生事故造成的损失大小,进而衡量系统的事故风险大小,据此确定是否需要进行系统的技术改造和采取防范措施。最后评价变更后的系统危险因素能否得到有效控制、技术上是否可行、经济上是否合理以及系统是否最终达到了社会认可的安全指标。这些就是安全评价的基本内容和过程。

第一节 系统安全评价与预测的基本概念

系统安全评价是利用系统工程方法对拟建或已有系统可能存在的危险性及其可能产生的后果进行综合评价和预测,并根据可能导致的事故风险的大小,提出相应的安全对策措施,以达到系统安全的过程。安全评价应贯穿于系统的设计、建设、运行和退役整个生命周期的各个阶段。对系统进行安全评价既是企业、生产经营单位搞好安全生产的重要保证,也是政府安全监督管理的需要。

一、安全和危险

什么是安全?也就是说,在人们的活动中具备了什么条件才算没有危险或者说是安全的?有些事情在某种情况下是安全的,而在另外的情况下可能就不安全。

劳伦斯(W. W. Lowerance)提出了一个较流行的定义:“对大多数实用场合,我发现把安全定义为可容许危险性的判断是有用的,又把危险性作为衡量损害人类健康的可能性或严重性。如果一个事物所伴随的危险性被判定为可容许的,则该事物是安全的。”这里又出现一个新的问题,什么是可容许的危险性?对谁造成危险?由谁来判断可以容许的程度?如果没有明确的界限,一旦发生危险而造成事故,就无法追究责任,更谈不上吸取经验教训。

对于安全,在看法上的差别是从各个不同利益主体出发形成的。例如,雇主和雇员对安全的看法。在确定一个安全标准时,人们应该从实际出发,尊重科学,把思想统一到一个共同的认识上。安全标准是指在工作中所能容许的危险性,以此作为评价安全工作的情况和

容许的操作标准。

人类的健康也应作为安全的判断标准。用这种方法来评价安全,是因为通常认为人的生命和幸福要比物质财富更有价值。但应该记住,不安全的工作条件或不安全的操作也会导致对有一定价值的财产造成意外损失。

安全和危险是一对互为存在前提的术语,在安全评价中,主要是指人和物的安全和危险。危险,常指危害或危害因素。安全,是指免遭不可接受危险的伤害。安全的实质就是防止事故,消除导致死亡、伤害、急性职业危害及各种财产损失发生的条件。例如,在生产过程中导致灾害性事故的原因有人的误判断、误操作、违章作业,设备缺陷、安全装置失效、防护器具故障,作业方法不当及作业环境不良等。所有这些又涉及设计、施工、操作、维修、储存、运输以及经营管理等许多方面,因此必须从系统的角度观察、分析,并采取综合方法消除危险,才能达到安全的目的。

二、事故

人在活动过程中(包括日常生活、工作和社会活动等)经常会遇到各种各样大大小小的意外事件,如火灾、交通事故,高空作业时人从脚手架上坠落,搬运重物时不慎扭伤手脚,使用电器时触电,使用冲床、车床等机械时发生手指伤残等。此外,还有如洪涝、台风、地震、海啸等不可抗拒的自然灾害。这些对人类的安全构成严重的威胁,危险始终存在于人类之中,在人类活动的各个方面都有发生事故的可能性。

那么,怎样理解事故,如何给事故下定义呢?各国学者对此做过各种各样的定义,定义涉及法律、医学、科学、安全、经济等各个方面。比较完整的定义通常包括性质和后果两个部分,性质包括事件的多因素关系和事件的进程,后果包括伤害、疾病、物资损失和经济损失等。

我国《辞海》对事故的定义是:“意外的变故或灾祸。”事故有的是由于自然灾害或其他原因造成的,而当前人力不能全部预防;有的是由于设计、管理、施工或操作时人的过失引起的,这称为“责任事故”。这些事故可造成物资上的损失或人身的伤害。

劳伦斯认为:“事故可定义为‘干扰一个有计划活动的意外或不希望有的事件’,事故可能或不一定导致人身伤害或财产损失,但往往有造成人身伤害或财产损失的潜在可能。”例如,一个人在较高处操作时无意掉下一个扳手,如果扳手是掉在地上,它不会造成伤害,可能也不会造成财产损失;如果扳手先砸到工人的身上,再碰坏工作台上的精密仪器,这就造成了人身伤害和财产损失。

美国安全工程师学会(The American Society of Safety Engineers, ASSE)把事故定义为:“事故是人们在实现其目的的行动过程中突然发生的,迫使其有目的的行动暂时或永远中断,并有时造成人身伤亡或设备损毁的一种意外事件。”这定义有三层意思:

- (1) 事故是发生在人们有目的的行动(如生产某种产品)之中;
- (2) 事故是随机事件;
- (3) 事故的后果可能会造成人身伤亡或设备损毁。

苏赫曼(E. A. Suchman)认为,一个事件若要称为“事故”,必须至少具备三个条件,即:可预见的程度低;可避免的程度低;有意造成事故的程度低。这三个条件的程度越低,就越可能成为一场“事故”。也就是说,事故是人对环境缺乏预见性,难以避免和无意引起的灾害。

日本学者青岛贤司认为,事故主要是指工程建设、生产活动和交通运输中发生的意外损害和破坏,其后果可能造成物质上的损失或人身伤害。

国家经济贸易委员会于 2001 年 12 月 20 日颁发的《职业安全健康管理体系审核规范》中将事故定义为:事故是造成死亡、疾病、伤害、财产损失或其他损失的意外事件。也就是造成主观上不希望看到的结果的意外事件,其发生所造成的损失分为五大类。这里的疾病是指职业病及与工作有关的疾病。职业病是指劳动者在生产劳动及其他职业过程中,接触职业性危害因素而引起的疾病,按我国 2013 年颁布的《职业病分类和目录》确定。

综上所述,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。

三、风险

风险是危险、危害事故发生的可能性与危险、危害事故严重程度的综合度量。衡量风险大小的指标是风险率(R),它等于事故发生的概率(P)与事故损失严重程度(S)的乘积:

$$R = PS$$

由于概率值难以取得,常用频率代替概率,这时上式可表示为

$$\text{风险率} = \frac{\text{事故次数}}{\text{单位时间}} \times \frac{\text{事故损失}}{\text{事故次数}} = \frac{\text{事故损失}}{\text{单位时间}}$$

式中,事故损失可以表示为死亡人数、事故次数、损失工作日数或经济损失等;单位时间可以是系统的运行周期,也可以是一年或几年;风险率是二者之商,可以定量表示为百万工时死亡事故率、百万工时总事故率等,对于财产损失可以表示为千人经济损失率等。

四、系统

系统就是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体。系统有自然系统与人造系统、封闭系统与开放系统、静态系统与动态系统、实体系统与概念系统、宏观系统与微观系统、软件系统与硬件系统之分。不管系统如何划分,凡是能称其为系统的,都具有如下特性:

(1) 整体性。系统是由两个或两个以上相互区别的要素(元件或子系统)组成的整体。构成系统的各要素虽然具有不同的性能,但它们通过综合、统一(而不是简单拼凑)形成的整体就具备了新的特定功能,也就是说,系统作为一个整体才能发挥其应有功能。所以,系统的观点是一种整体的观点,一种综合的思想方法。

(2) 相关性。构成系统的各要素之间、要素与子系统之间、系统与环境之间都存在着相互联系、相互依赖、相互作用的特殊关系,通过这些关系,系统有机地联系在一起,发挥其特定功能。

(3) 目的性。任何系统都是为完成某种任务或实现某种目的而发挥其特定功能的。要达到系统的既定目的,就必须赋予系统规定的功能,这就需要在系统的整个生命周期,即系统的规划、设计、试验、制造和使用等阶段,对系统采取最优规划、最优设计、最优控制、最优管理等优化措施。

(4) 有序性。系统有序性主要表现在系统空间结构的层次性和系统发展的时间顺序性。系统可分成若干子系统和更小的子系统,而该系统又是其所属系统的子系统。这种系统的分割形式表现为系统空间结构的层次性。另外,系统的生命过程也是有序的,它总是要经历孕育、诞生、发展、成熟、衰老、消亡的过程,这一过程表现为系统发展的有序性。系统的分析、评价、管理都应考虑系统的有序性。

(5) 环境适应性。系统是由许多特定部分组成的有机集合体,而这个集合体以外的部

分就是系统的环境。一方面,系统从环境中获取必要的物质、能量和信息,经过系统的加工、处理和转化,产生新的物质、能量和信息,然后再提供给环境。另一方面,环境也会对系统产生干扰或限制,即约束条件。环境特性的变化往往能够引起系统特性的变化,系统要实现预定的目标或功能,必须能够适应外部环境的变化。研究系统时,必须重视环境对系统的影响。

五、系统工程

系统工程是以系统为研究对象的。1978年我国科学家钱学森指出:系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法。简单地说,系统工程学是用现代科学方法组织管理各种系统的规划、设计、生产和使用的一门科学,是对系统所有组成部分的综合,以达到全系统的最优效率。

这个定义表示:① 系统工程属于工程技术范畴,主要是组织管理各类工程的方法论,即组织管理工程;② 系统工程是解决系统整体及其全过程优化问题的工程技术;③ 系统工程对所有系统都具有普遍适用性。

系统工程学的主要研究内容是系统的模式化、最优化和综合评价,进而对系统进行定性和定量分析,为决策提供最优方案。

系统工程有以下三个基本特点:

(1) 研究方法的整体化。它是从整体出发,不仅把研究对象作为一个整体,而且把研究过程也视为一个整体。从整体与部分相互依赖、互相制约的密切关系中考考虑问题,用具体过程和步骤把设想变为现实。

(2) 应用技术的综合化。系统工程是综合使用技术。必须注意各个阶段和每个步骤以及各个流程之间的联系,使各种技术有机地结合起来,以达到系统整体效益最优化。

(3) 寻求目标的最优化。系统工程的研究立足于现有条件,力求达到最佳效果或者达到预期的目标,而消耗资源最少,使用资金最省。

六、安全系统

安全问题是一个复杂的系统工程问题,或者说解决安全问题要用系统工程的理论和方法。这种认识目前已经具有广泛的共识,但是说到“安全系统”则存在着歧义。其实“安全系统”这个定义能否成立,关键还在于它的特殊性和客观性。所谓特殊性就是指它与一般系统的区别。如前所述,其客观性的问题是不容置疑的,而其特殊性或个性可以归纳为如下若干方面:

(1) 系统性。与安全有关的影响因素构成了安全系统。因为与安全有关的因素纷繁交错,所以安全系统是一个复杂的巨系统。很难找到一个因素数及其相关性复杂程度能与之相比的系统。由于安全系统中各因素之间以及因素与目标之间的关系多数有一定灰度,所以安全系统是灰色系统。

与一般系统不同,安全系统总是把环境因素看成是其系统的组分,其典型的因素及其关系如图 1-1 所示。

依据安全问题所涉及范围大小不同,安全系统大小之差可能很悬殊。一般地讲,纯属技术领域的安全系统比如一台设备、器具,可能只涉及机和物;而对于一个车间甚至一个工

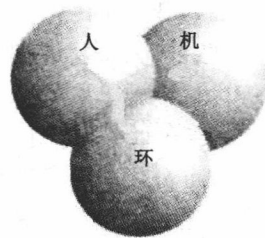


图 1-1 安全系统典型的组成因素及其关系图

厂,考虑安全问题的系统范围,则不只是机和物,肯定要把人-机-环境都扯进来。实际上,人-机-环境的提法是考虑了安全问题的空间跨度和时间跨度两个方面。如此说来,即使是一台设备,如果把它的制造安全与使用安全考虑进来,也仍然是人-机-环境的复杂系统。

安全系统的目标不是寻求最优解。这是因为安全系统目标的多元化,以及安全目标的极强相对性、时间依赖性与其理想化理念很难协调,所以安全系统的目标解是具有一定灰度的满意解或可接受解。

(2) 开放性。安全系统是客观存在的。这是因为安全系统是建立在安全功能构件的物质基础之上的。但同时安全系统总是寄生在客体(另一个系统)中。在处理方法上,如果把客体看成一个黑匣子,安全系统是通过客体的能量流、物流和信息流的流入-流出的非线性变化趋势,确认安全和事故发生的可能性,因此安全系统具有开放性特点。

开放性不仅是安全系统在动态中保持稳定存在的前提,也是安全系统复杂性及安全-事故转换发生的重要机制。

(3) 确定性与非确定性。“确定性”是指制约系统演化的规则是确定的,不含任何随机性因素。确定性的特征是演化方向及演化结果是确定的、可精确预测。“非确定性”或者具有演化方向和演化结果不确定的特征,或者具有刻画事物运动特征的特征量不能客观精确地确定的特征。非确定性包括随机性和模糊性。

“随机性”可能有两个方面的来源:一是在不含任何外在的随机影响因素作用下,完全由“确定性”系统演化而产生的随机性(例如产生混沌),这种随机性称为本质随机性。二是系统还可能因其外在影响因素的随机作用而产生随机性行为,从而使系统在一定条件下表现出随机性的特征(外在随机性)。由于安全系统把环境看成是它的组分,所以对安全系统而言,本质随机性和外在随机性的区别不是绝对的。

“模糊性”是指事物的本身不清楚或衡量事物的尺度不清楚。对于安全系统,就是指系统的构成及其相互关系,以及组成与目标的关系不清楚。造成这些不清楚的可能来源在于主观和客观两个方面,即具有主观模糊性和客观模糊性。首先,刻画安全运行轨迹的以模糊数学方法建立的数学模型具有主观模糊性。因为数学模型常常不可能“严格地”确定安全系统各要素之间及其与目标之间完整的客观关系。当然,对于自然的技术因素之间的关系尚好一些。而对于社会的因素及其与技术因素的耦合关系将难于量化,因而也将难于建立准确的数学关系。应该强调的是,出现上述问题不完全是由于安全系统本身不清楚,它可能只是人们对安全系统主观模糊性的表现。

另外,对安全系统安全度的评价尺度以及构成安全度等级的评价指标体系也具有客观模糊性,即从事物的本质上无法给出其客观衡量尺度。

(4) 安全系统是有序与无序的统一体。序主要反映事物的组成的规律和时域。依据序的性质,可分为有序、混沌序和无序。有序通常同稳定性、规则性相关联,主要表现为空间有序、时间有序和结构有序。无序通常与不稳定、无规则相关联。而混沌序则是不具备严格周期和对称性的有序态。现代复杂系统演化理论认为,复杂系统的演化中,不同性质的序之间可以相互转化。安全系统序的转化结果是否引发灾害或使灾害扩大,取决于序结构的类型及系统对特定序结构下的运动的(灾害意义上的)承受能力。

有序和无序,确定性和非确定性都会在系统演化过程中通过其空间结构、时间结构、功能结构和信息结构的改变体现出来。

(5) 突变性或畸变性。安全系统过程的突变或畸变,或过程由连续到非连续变化,在本质上还是服从于量变引起质变的哲理。

量变到质变的转化形式可以用畸变、突变或飞跃来描述,但也可通过渐变实现。所以安全系统的渐变也可能孕育着事故,而突变、畸变则肯定对应于灾害事故的启动,是致灾物质或能量的突然释放。

综上所述,安全系统虽然与一般系统、非线性系统等有若干共同点,但安全系统的个性还是非常明显的,这是决定它客观存在并区别于其他系统的根本原因。

系统安全是指在系统寿命期间内应用系统安全工程和管理方法,识别系统中的危险源,定性或定量表征其危险性,并采取控制措施使其危险性最小化,从而使系统在规定的性能、时间和成本范围内达到最佳的可接受安全程度。因此,在生产中为了确保系统安全,需要按系统工程的方法,对系统进行深入分析和评价,及时发现固有的和潜在的各类危险和危害,提出应采取的解决方案和途径。

七、安全系统工程

安全系统工程是系统工程的一个重要分支,是安全领域的科学管理技术。它是以工程设计、安全原理和系统工程的分析方法为基础,对系统的安全性进行定性和定量分析、评价及预测,并采取综合措施控制系统的危险性,使系统达到最优化安全状态。

安全系统工程的任务是在目标、时间及费用等制约条件下,对系统的整个生命周期内的各阶段实施综合分析,根据对可能产生的危险进行分析和判断,为系统设计提供必要的信息,以便消除潜在的危险或把危险控制在一定的限度之内,从而获得最佳的安全指标。

由此可以看出,安全系统工程的特点:

- (1) 安全系统工程是系统工程在安全领域的应用。
- (2) 系统安全性分析是安全系统工程的核心。
- (3) 危险的预防和控制是安全系统工程的主要内容。
- (4) 达到最优化安全状态是安全系统工程的精髓,是安全系统工程的最终体现。

八、预测的概念

所谓预测,就是对尚未发生或目前还不确切的事物进行预先的估计和推断,是现时对事物将要发生的结果进行探讨和研究。与求神问卦不同,科学预测是建立在客观事物发展规律基础之上的科学推断。

在设计一个新系统或改造一个旧系统时,人们都需要对系统的未来进行分析估计,以便作出相应的决策。即使是对正在正常运转的系统,也要经常分析将来的前途和发展设想,对系统的未来进行分析估计,也称为系统预测。系统预测是以系统为研究对象,根据以往旧系统或类似系统的历史统计资料,运用科学的方法和逻辑推理,对系统中某些确定因素或系统今后的发展趋势进行推测和预计,并对此作出评价,以便采取相应的措施,扬长避短,使系统沿着有利的方向发展。

所谓系统安全预测就是根据系统安全状况发展变化的实际数据和历史资料,运用现代的科学理论和方法以及各种经验、判断和知识,对系统安全状况在未来一定时期内的可能变化情况进行推测、估计和分析。

系统安全预测的实质就是充分分析、理解系统安全状况发展变化的规律,根据系统的过去和现在估计未来,根据已知预测未知,从而减少对系统未来安全状况认识的不确定性,以

指导我们的安全决策行动,减少安全决策的盲目性。

第二节 系统安全评价与预测的内容及分类

一、系统安全评价的内容

系统安全评价应解决两类问题:一类是确认新建和改扩建项目中存在的危险因素的危險性,以便采取适当的降低危险性的措施;另一类是对现有生产工艺、设备状况、环境条件、人员素质和管理水平进行全面衡量,评价其安全可靠性。

系统安全评价的根本问题是确定安全与危险的界限,分析危险因素的危險程度,采取降低危险性的措施,寻求危险与危险控制的平衡。

系统安全评价的内容如图 1-2 所示,它由两个相互关联的步骤组成:第一步是危险性确认,在评价安全性之前,必须确认系统的危险性,并尽可能有量的概念;第二步是根据危险的影响范围和社会公认的安全指标对危险性进行具体评价,并采取措施消除或降低系统的危险性,使其达到允许的范围。所以,系统安全评价是一项综合性的工作。

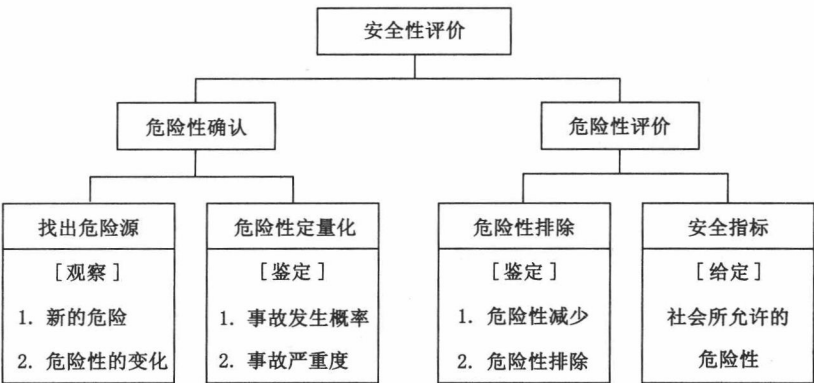


图 1-2 系统安全评价的内容

二、系统安全评价的分类

目前,国内通常将安全评价根据工程、系统生命周期和评价的目的分为安全预评价、安全验收评价、安全现状评价和安全专项评价四类(实际它是三大类,即安全预评价、安全验收评价、安全现状评价,专项评价应属现状评价的一种,属于政府在特定的时期内进行专项整治时开展的评价)。

1. 安全预评价

安全预评价是根据建设项目可行性研究报告的内容,分析和预测该建设项目可能存在的危险、有害因素的种类和程度,提出合理可行的安全对策措施及建议。

安全预评价实际上就是在项目建设前应用安全评价的原理和方法对系统(工程、项目)的危险性、危害性进行预测性评价。

安全预评价以拟建项目作为研究对象,根据建设项目可行性研究报告提供的生产工艺过程、使用和产出的物质、主要设备和操作条件等,研究系统固有的危险及有害因素,应用系

统安全工程的方法,对系统的危险性和危害性进行定性、定量分析,确定系统的危险、有害因素及其危险、危害程度;针对主要危险、有害因素及其可能产生的危险、危害后果,提出消除、预防和降低的对策措施;评价采取措施后的系统是否能满足规定的安全要求,从而得出建设项目应如何设计、管理才能达到安全指标要求的结论。总之,对安全预评价可概括为以下四点:

(1) 安全预评价是一种有目的的行为,它是在研究事故和危害为什么会发生、是怎样发生的和如何防止发生等问题的基础上,回答建设项目依据设计方案建成后的安全性如何、是否能达到安全标准的要求及如何达到安全标准、安全保障体系的可靠性如何等至关重要的问题。

(2) 安全预评价的核心是对系统存在的危险、有害因素进行定性、定量分析,即针对特定的系统范围,对发生事故、危害的可能性及其危险、危害的严重程度进行评价。

(3) 安全预评价用有关标准(安全评价标准)对系统进行衡量,分析、说明系统的安全性。

(4) 安全预评价的最终目的是确定采取哪些优化的技术、管理措施,使各子系统及建设项目整体达到安全标准的要求。

经过安全预评价形成的安全预评价报告,将作为项目报批的文件之一,同时也是项目最终设计的重要依据文件之一。具体地说,安全预评价报告主要提供给建设单位、设计单位、业主、政府管理部门。在设计阶段,必须落实安全预评价所提出的各项措施,切实做到建设项目在设计中的“三同时”。

2. 安全验收评价

安全验收评价是在建设项目竣工验收之前、试生产运行正常之后,通过对建设项目的设施、设备、装置实际运行状况及管理状况的安全评价,查找该建设项目投产后存在的危险、有害因素,确定其程度,提出合理可行的安全对策措施及建议。

安全验收评价是运用系统安全工程原理和方法,在项目建成试生产正常运行后,在正式投产前进行的一种检查性安全评价。它通过对系统存在的危险和有害因素进行定性和定量的评价,判断系统在安全上的符合性和配套安全设施的有效性,从而作出评价结论并提出补救或补偿措施,以促进项目实现系统安全。

安全验收评价是为安全验收进行的技术准备,最终形成的安全验收评价报告将作为建设单位向政府安全生产监督管理机构申请建设项目安全验收审批的依据。另外,通过安全验收,还可检查生产经营单位的安全生产保障,确认《中华人民共和国安全生产法》的落实。

在安全验收评价中,要查看安全预评价在初步设计中的落实,初步设计中的各项安全措施落实的情况,施工过程中的安全监理记录,安全设施调试、运行和检测情况等,以及隐蔽工程等安全落实情况,同时落实各项安全管理制度措施等。

3. 安全现状评价

安全现状评价是针对系统、工程的(某一个生产经营单位总体或局部的生产经营活动的)安全现状进行的安全评价,通过评价查找其存在的危险、有害因素,确定其程度,提出合理可行的安全对策措施及建议。

这种对在用生产装置、设备、设施、储存、运输及安全管理状况进行的全面综合安全评价,是根据政府有关法规的规定或是根据生产经营单位职业安全、健康、环境保护的管理要