

安全评价基础

张景林 编

兵器工业出版社

安全评价基础

张景林 编

兵器工业出版社

(京)新登字049号

内 容 简 介

本书首先论述了如何应用系统安全分析方法对系统的安全状况进行综合灾析、多重核对。阐述了如何测定影响系统安全的主要因素以确认系统的安全水平。书中第三部分具体介绍了人的失误率和设备零部件故障率的测算方法,第四部分介绍了安全评价的原理和方法。本书的最后部分介绍了工厂企业安全水平综合评价法、设备安全评价法、人因工程安全评价法、化学物质安全评价法、企业安全评价计划技术等内容。

本书可供企业领导、工程技术人员,安全工作者和工人开展安全评价工作中作参考。

安全评价基础

张景林 编

*

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

太原机械学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/32 印张:6.25 字数:110千字

1991年8月第1版

1991年8月第1次印刷

印数:1-3000册

定价:2.95元

ISBN 7-80038-421-7/Z·12

编 者 的 话

《安全评价基础》侧重介绍了安全评价的基础理论和方法，简介了工厂企业安全评价方法。本书是根据兵器工业开展安全性评价实际需要编写的。请陆庆武同志任特约编辑，曾增华同志担任主审人，参加审定的有张国顺、李树行、李淑新、康维勇、周福林、王文佑、刘荣海、郭引路等同志。另外在编写过程中，得到山西机床厂、晋东化工厂、晋安化工厂、卫东化工厂、兴安化学材料厂和北京理工大学、华东工学院以及217所等单位的领导和有关同志的大力支持，在此表示诚挚的谢意，由于编写时间仓促，作者水平有限，不足之处在所难免，请读者批评指正。

目 录

绪论	(1)
第一章 系统安全分析方法的综合应用	(3)
第一节 安全分析、评价方法的不断深化	(4)
第二节 安全分析方法的比较和系统安全的多重核对	(5)
第三节 安全检查表	(10)
第四节 系统安全管理的应用	(16)
第五节 定量的安全分析	(19)
第六节 事故树分析	(24)
第七节 问题发现型的风险预测	(30)
第八节 对交界面的安全检查	(32)
第二章 系统安全水平的确认	(35)
第一节 系统的安全测定方法	(36)
第二节 行为与事故	(48)
第三节 安全工程中的主要测定课题	(49)
第四节 统计测定方法	(56)
第五节 安全测定工作程序	(61)
第三章 基本事件发生概率的测算	(65)
第一节 事故概率计算的数学基础	(65)
第二节 事故率的计算	(74)
第三节 人的失误率的测算	(84)
第四章 安全评价方法	(96)
第一节 概述	(91)

第二节	定性的安全评价方法·····	(101)
第三节	定量的安全评价方法·····	(115)
第四节	定性定量相结合的安全评价方法·····	(143)
第五章	工厂的安全性评价·····	(154)
第一节	安全评价工作计划·····	(154)
第二节	系统安全水平综合评价法·····	(159)
第三节	行为的安全性评价·····	(171)
第四节	生产设备的安全可靠性评价·····	(175)
第五节	对物质的安全性评价·····	(180)
第六节	作业环境评价·····	(188)
第七节	安全评价的现实意义·····	(189)

绪 论

早在50年代初期，欧美一些资本主义国家就先后开展了风险评价和风险管理这一工作。日本引进风险管理已有20多年的历史，开展安全评价的工作也有十几年了。但是日本有些人避讳“风险”这个词，所以有的日本安全工学学者建议在安全工作中把风险评价改称为安全评价。

在我国，安全系统工程的推广应用始于80年代初期，安全评价工作的开展则是最近几年的事情。

风险评价问题的提出最早来自保险行业，后来才逐渐推广到安全管理工作中。因此对于安全评价的内容和含义大致有两种理解，从事保险业务的人员和研究保险工作的学者，认为风险管理的中心是保险，而把预防灾害事故作为补充内容，风险管理是为了减小风险从而减少支付保险金。安全工作者则是把安全评价当作一种行之有效的先进的安全管理方法，因为安全评价既分析评定系统中存在的静态危险，也评估分析系统中可能存在的动态事故隐患，开展安全评价能够预防和减少事故。所以安全评价是安全系统工程的重要组成部分，是安全系统工程的补充和延伸，也可以说，安全评价是安全系统工程的高级发展阶段。

安全工作的开展目前仍然存在一定困难，其中有人们的思想认识问题，有安全工作的属性问题，也有众多的实际问题。但是还有两条重要因素与安全工作本身的特点有关。一条是安全工作的效果常常是不很明显，另一条是安全工作见效周期长，这就使一些人认为安全工作可有可无，只有当发

生了事故的时候，人们才感觉到安全工作的重要。安全评价就是集中一段时间考核安全工作，评价系统安全状况的一种目标管理方法，是一种事故预测技术。

事实表明，由于广泛开展安全评价，因而大大促进了安全管理水平的提高，改善了企业的安全生产状况，提高了工业生产本质安全性，保障了产品的使用安全。因而在考查企业的管理水平以及评定产品的性能等方面，世界各国都把安全评价的内容用法规、规范肯定下来。

本书是概括我国现行的一些安全评价方法，参考国内外有关专家的论著汇编而成的。全书共分五章，第一、二、三章介绍的是一些基础知识，第四、五章介绍的是工厂安全评价的具体方法，可作为企业作开展安全评价工作的参考资料，进行安全评价的基础知识教育。

第一章 系统安全分 析方法的综合应用

安全分析是安全评价的基础。安全分析的方法很多，对这些方法如何选择应用，而为安全评价提供数据和素材，这就是本章要讨论的中心议题。

近年来，由于系统工程学科的发展，国内外安全管理工作者结合自己的工作实践，先后提出了四十多种系统安全分析方法。这些方法都各有特点，因而其适用对象一般都要受到限制，这和一般的原理、原则所具有的普遍性特点形成明显的对照。所以对于某一具体的特定的安全问题，可能有一个最佳的安全分析方法。但这种方法，不一定适用其他情况。另一方面，如果使用某一方法获得成功，对于任何问题都要使用同一个分析方法，这就成为所谓的“方法俘虏”。因此要尽量掌握更多的系统安全分析方法，根据分析对象选择和使用最佳方法。有时用一种方法不能查明所有的危险性，采用另一种方法却能揭示某些危险性的存在。

在众多的分析方法中，如果按分析流程，可以把分析方法分为两大类，第一类为对系统进行预备分析的方法，如危险性预先分析（PHA）、 $(4+3) \times 3$ 分析法。第二类为在此基础上对系统进行详细解析的方法，如故障模式及影响分析（FMEA）、事件树分析（ETA）、事故树（故障树）分析（FTA）等。

如果是对某一项具体工程或产品设计进行安全分析，则

可选用静态分析法，如果是对运行状态进行分析，则应选用动态分析法进行程序分析和逻辑分析，以核对在采取安全措施以后系统安全状态改善的程度。

上述关于选用安全分析方法的各种考虑是大家已经熟悉的一般原则。除此之外，还有哪些可供参考的考虑方法呢？下面我们就讨论这些具体问题。

第一节 安全分析、评价方法的不断深化

随着工业生产的发展、技术水平的提高，安全技术与安全管理的认识观点及检查分析方法上也在不断深化、更新。以美国的杜邦公司为例，该公司在安全管理及安全技术方面在过去的100多年的时间里曾做出过许多举世瞩目的成绩。但是在1965年，在其路易斯大楼发生大爆炸以后，于1965年便根据系统原理，制定出了新的安全检查表，后来又在1970年采用新的系统安全分析方法FMEA进行故障类型及其对系统影响的事前评价，把安全评价作在了一项工程活动之前。尔后，在1974年采用更为先进的、适用性更强的事故树分析方法（FTA）。纵观杜邦公司的安全管理，逐年更新管理方法，不断深化安全系统工程理论是显而易见的。

再如日本的达希、开米咖路公司为了定量地对化工厂的综合安全性作出评价，最初于1964年公开发表了危险度评价指南，1966年修改后再版，1972年又作了第三次修改后再次出版，1976年12月由日本劳动省劳动标准局公布的化工厂的危险级别分类就是参考第三版制定的。该公司于1976年和1980年修改后又分别以第四、第五版出版。根据第五版中所提出的方法，由现状可以用概率的方法预料到可能发生事故

所造成的最大损失额。在假想的安全对策被采用的情况下，还可以求得工厂实际上发生的最大损失额和生产中断天数。即安全评价正在逐渐定量化，安全检查方法也趋于科学化。

我国自八十年代初期引进安全系统工程管理方法以来，安全检查、安全分析、安全评价的工作也在不断的深化和展开。除了普遍采用安全检查表和事故树等分析方法外，江南机械厂结合我国有关专业厂的特点，应用网络图首先提出了“三级危险点巡回检查网络”法，同时有的厂又把这个方法与安全检查表（SCL）法相结合使用，由于这两个方法相互补充，使安全检查更加系统化、标准化、规范化，主次分明，检查路线明确。1988年初，国家机械委首先公布了“机械工厂安全评价”方法，在一个行业提出安全评价的系统方法在国内还是第一个。与此同时，其他专业的安全评价，以及产品安全评价的工作也正在积极展开并引起有关各方的重视。

第二节 安全分析方法的比较和系统安全的多重核对

由于对系统安全的要求逐渐提高，因此从提高安全分析的可靠性考虑，提出了“多重核对”这一重要概念，基于存在众多的安全分析方法，所以就可根据检查分析的目的对这些方法进行适当的组合，以实现多重核对的目的。

表1-1是过去常用的检查分析方法和检查目的对照表，这种组合是各种组合方法中最基本的一种，从这个表中可以看出，各种安全分析方法是安全检查表的基础。

表 1-1 安全分析方法和分析目的对照表

安全分析 方法	系统安全 检查表	FEA 故障影响 分析	FMEA 失效模式及影 响分析	FME-CA 失效模式及影响 严重度分析	危险指数法	鱼骨图	意见决定 图	FTA 事故树分 析图	ETA 事件树分 析	STA 成功树图	CTA 因果分析	PRA 风险分析	MOR-T 管理缺陷 树形分析	备注
安全 检查 分析 目的														
安全评价(化学)	0				0			0	0				0	
安全评价(机械)	0		0	0				0	0				0	
安全检查(管理者)	0						0			0			0	
安全检查(监督者)	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	
防灾检查	0				0			0	0					
风险管理	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	
技术评价	0						0	0	0				0	
生产责任	0							0	0					

基于同样的考虑，还有人提出“多阶段，过滤式评价法”这一概念，由日本劳动省公布的“关于化工厂六阶段安全评价法”就是根据这一概念得出的。在这个方法的每个阶段中，都针对具体情况选用1-2种安全分析方法进行安全评价，以“过滤”的方式，检查各种不安全因素，以期达到系统安全状况的最佳状态。

安全分析方法的选择应用主要是依据方法本身所具有的特点，结合分析对象的具体情况而定，图1-1和表1-2是按分析流程，将分析过程分为预备解析和详细解析两个阶段的情况下，选用安全分析方法的参考图表。

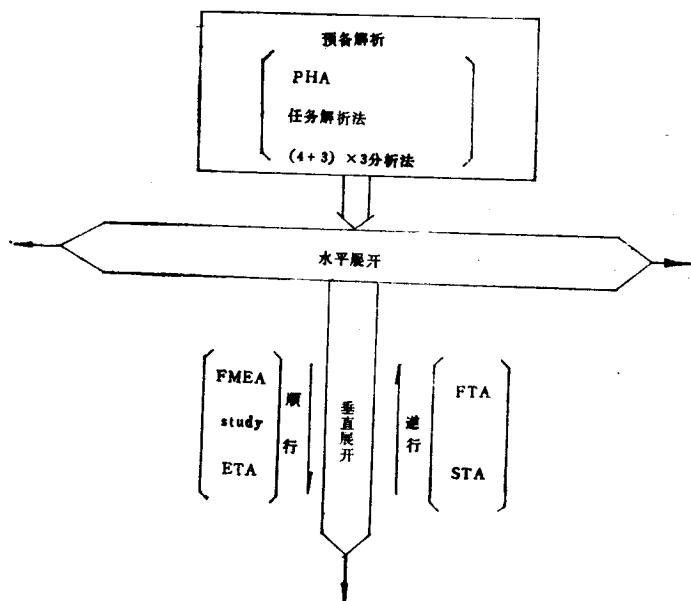


图 1-1 在展开过程中各种分析方法所处的位置

表 1-2 安全分析法的选择标准

方法名称		特 点	适用对象	使用时应注意事项
预 备 解 析	(1) PHA	① 假设事故, 推测其原因对策 ② 是进行详细解析的基础	原则上对任何对象都可适用	作为详细解析的准备阶段, 有时也不一定都要进行这一步解析
	(2) 任务解析法	对于在空间移动的系统推测因环境条件的变化而产生的危险	航空系统高空作业车	
	(3) (4+3) ×3分析法(见表1-3)	着眼于出“人”“机器”“对象”“环境”四要素, 及它们间的相互作用产生的危险	特别适用于铲车、吊车、等搬运吊装系统	要有效地防止检查项目的遗漏
顺 序 细 解 析	(4) FMEA	顺行法的代表性方法	机械系统	真正实施起来, 非常费时
	(5) study 方法	①从参数的变化提出FMEA的故障形式以及提出故障前兆 ②特别是在前兆的变合作用成为问题时	流程系统	除化工厂以外的流程系统也可用
	(6) ETA	①适用于分类检查异常两种情况时对策的成效 ②一个输入对整个系统的各处产生的影响		
逆 行 法	(7) FTA	逆行法的代表性分析法	机械系统 流程系统	对于软设备和人难于应用“严密”的理论
	(8) STA	把FTA反过来的分析方法	一次性作业 不定常性强的作业	对于一次性作业不定常性强的作业最好不要滥用“严密”的理论

表1-3 $(4+3) \times 3$ 安全分析法 (铲车作业为例)

1 4 要素	1-1 人	1-1-1	操作者
		1-1-2	辅助人员
		1-1-3	作业指挥者
	1-2 机器	1-2	铲车
	1-3 对象	1-3	铁板
	1-4 环境	1-4	周围环境
2 2 要素 之 间	2-1 人、人	2-1-1	指—操
		2-1-2	指—辅
		2-1-3	操 辅
	2-1 人、机	2-2	操—铁板
	2-3 人、对	2-3	辅—铁板
	2-4 人、环	2-4	人—周围环境
	2-5 机、对	2-5	机—铁板
	2-6 机、环	2-6	机—周围环境
	2-7 对、环	2-7	铁板—周围环境
3 (+ 3)	3-1	能 量	
	3-2	信 息	
	3-3	(人、机、对)—作业域	
4 (× 3)	4-1	开始和结束	
	4-2	作业进行中	
	4-3	接点(界面)	

第三节 安全检查表

定性的安全分析多是按照检查表进行的。安全检查是安全工作行之已久的传统方法，这些检查过去凭经验，缺乏系统性、科学性，容易造成漏检，走过场。系统安全检查表具有系统性、标准化、规范化特点，根据检查表进行有目的的检查，就大大提高安全检查的效果。

安全检查表的形式很多，同一种检查表，因检查员的观点，检查表制定人员的经验和技术水平而异，下面就具有代表性的某些安全检查表作一介绍。

一、上级主管部门的安全检查表

这一级别的安全检查要对下面几个方面从大局上作出判断，判断可以根据丰富的经验作出：

- 1、安全工作能否顺利进行；
- 2、安全活动是否适当；
- 3、安全是否优先于生产；
- 4、安全检查能否按照系统安全程序有计划地进行；
- 5、已经和正在进行的安全工作或安全活动是否已写成文件加以保存。

二、行政部门进行的防灾检查表

随着保险业务的深入开展，上级行政部门进行的防灾检查也日渐被提到议事日程上来。例如上级消防部门要求各地的消防部门在如下的6个大项目下指定160个小项目进行检查。在这种情况下，检查者应结合工程技术人员和岗位工人运用知识和经验写出检查表的检查项：

- 1、自然条件（地理条件、气象条件、地基条件）；
- 2、安全设计（危险性重要度分类、工序工艺安全、运行安全、受害的局限性、消防设备）；
- 3、运转管理（正常运转、紧急措施）；
- 4、安全管理（组织、紧急时救护体制，设备管理、安全管理、安全教育训练）；
- 5、毒性防护设施、对策（防护对策、设施的设计和管理）；
- 6、过去的灾害事例。

三、在行政指导下的安全检查

例如：由一些有经验的专家组成委员会，起草安全评价指南。根据这一指南，安全监督管理人员进行检查。如《高压气体安全性评价指南》将安全性分为A、B、C三级进行评价，对与评价结果C相应的项目要迅速采取措施。检查内容包括为：

- 1、设备，如标记，计量及操作，阀门及配管，警报装置；
- 2、运转，如作业方法，作业标准，教育训练；
- 3、环境，如仪器间、作业场所，及其他与设施有关的作业环境；
- 4、保养检修。

四、美、日化工企业的安全检查表

由美国化学工作者协会提出的为了防止事故发生的检查表是以一般企业为对象，包括各个方面，检查点也很多，共有282项，美国保险学会的检查表是问答式的，重点放在防止由火灾、爆炸造成的损害，有98项。日本有的化学公司的