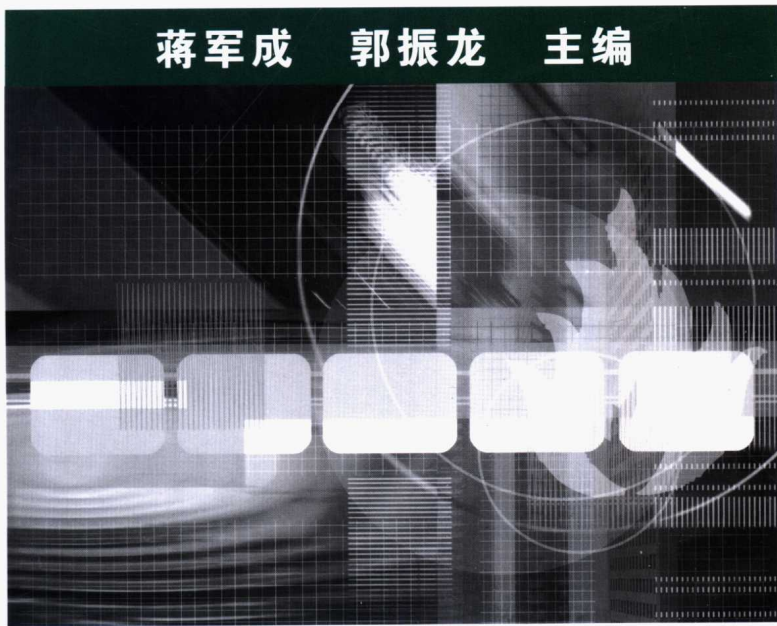


石油化工安全培训系列教材

安全系统工程

蒋军成 郭振龙 主编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

石油化工安全培训系列教材

安全系统工程

蒋军成 郭振龙 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

安全系统工程/蒋军成, 郭振龙主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 3
(石油化工安全培训系列教材)
ISBN 7-5025-5039-9

I. 安… II. ①蒋…②郭… III. 安全-系统工程-技术培训-教材 IV. X913.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 013978 号

石油化工安全培训系列教材

安全系统工程

蒋军成 郭振龙 主编
责任编辑: 赵丽霞 徐世峰
责任校对: 洪雅姝
封面设计: 关 飞

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
聚鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 720 毫米×1000 毫米 1/16 印张 15½ 字数 284 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5039-9/G·1348

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

安全是生产活动得以正常进行的重要条件,对社会安定和经济发展都产生重大影响,因此也成为社会关注的焦点。由于多方面的原因,我国各类事故屡有发生,给人民的生命、财产造成重大的损失。杜绝事故隐患,防范于未然,是全社会共同的责任。石油化工企业为技术密集型企业,生产条件复杂,生产介质易燃、易爆,一旦发生事故往往是重大恶性事故。为配合石油化工企业安全技术与管理干部培训,提高安全技术与管理干部的安全素质和管理水平,保证石油化工企业的安全生产,我们组织编写了石油化工安全培训系列教材。

本套教材以石油化工企业实施的“健康、安全与环境”管理体系为主要背景,结合《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国职业病防治法》、《压力容器安全技术监督规程》、《特种设备安全监察条例》等法规条例及石油化工生产的特点编写而成,共计6本,具体是《防火防爆》,《电气安全工程》,《压力容器安全技术》,《职业卫生与职业病危害控制》,《安全系统工程》,《安全管理心理学》。其中既有安全技术、安全管理理论,又有实际生产技术措施和安全管理实例,涉及到石化企业安全生产的方方面面。

石油化工安全培训系列教材力求紧密联系生产实际,突出理论在实际中的应用,重点介绍安全生产领域近年出现的新技术、新知识、新装备、新材料、新方法、新理论及最新的有关法规。运用案例分析,深化理论知识,以达到举一反三的效果,并明确从事故中吸取的教训,以避免同类事故的重复发生。本套教材由高校安全工程专业的教师、企业中长期从事安全培训的教师、石化企业中多年从事生产技术和管理工作的人员等专家教授编写。

本套教材在组织编写过程中得到了华东理工大学、南京工业大学、首都经济贸易大学、中国石油化工股份有限公司及中国石油天然气股份有限公司有关专家教授的大力支持,并给予了具体帮助,在此我们向所有支持、帮助过我们的单位和个人表示衷心的感谢。

我们相信,这套教材的出版将对我国安全教育、安全生产起到积极的促进作用。同时,我们也希望广大读者和同行专家对书中不妥之处给予指正,以使本套教材日臻完善。

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
2004年4月

前 言

20世纪50年代起,随着科学技术的高速发展,现代工业产品的生产、核电站建设、宇宙开发、战略武器的研制等,迫使人们更加注重自身的安全,防止灾难性事故的发生。为使生产和研发工作能顺利地进行下去,安全系统工程逐步形成并不断得以发展。安全系统工程应用安全科学和系统工程的原理与方法,分析、评价过程与系统中的危险有害因素,采取预防与控制措施,防止重大事故的发生。

安全系统工程在我国的研究和运用已有很多年,得到了较快的发展和广泛地推广应用,已成为企业生产经营和科学研究与开发工作的一个重要组成部分。实践证明,系统安全的思想和方法改变了传统安全技术与管理工作的思路,通过对系统或过程固有危险和潜在危险的早期预测、诊断、分析和评价,找出事故发生的原因、规律,提出预防灾害事故的对策,使事故不发生或少发生,为过程或系统的平稳运行提供保障。

本书是石油化工安全培训系列教材之一,由南京工业大学蒋军成和郭振龙教授主笔,周平和陈发明参编了部分章节的内容。编者在把握国内外此领域进展的同时,总结了近几年国内外的研究成果和应用经验,结合自己的研究工作和工程实践,较系统地介绍了安全系统工程的主要内容:系统安全分析、安全评价和职业安全卫生管理体系等。本书力求层次清晰、内容翔实,注重实用性和可操作性,可作大专院校安全、消防及相关工程类专业学生、生产经营单位安全管理与技术人员的教育培训教材,也可供安全工程技术及管理人员学习与参考。

本书的编写过程中得到了中国石油化工股份有限公司安全工程研究院、中国矿业大学、中国科学技术大学、北京理工大学、南京理工大学、江苏大学、中南大学、江苏省劳动保护科学技术研究所等单位有关专家的大力支持,硕士研究生张巍在文字与绘图方面给予了大力帮助,在此一并表示衷心感谢!

由于水平有限,时间仓促,错误和不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2003年12月于南京

内 容 提 要

本书系统地介绍了安全系统工程的基本概念、研究对象及基本内容,结合应用实例按定性与定量两大类深入浅出地阐述了安全系统常用的分析方法,如系统危险性预先分析(PHA)、安全检查表(SCL)、事故树分析(FTA)、事件树分析(ETA)、可操作性研究、DOW化学公司火灾爆炸指数法、MOND火灾爆炸毒性指标法等方法。在此基础上,结合系统安全评价和职业健康安全管理体系的风险评估程序,讲述系统危险源的辨识与评价。通过学习,使读者能够运用系统工程的思想和方法,分析与评价生产过程中的不安全因素,采取针对性的安全措施,降低事故发生的概率。本书可作大专院校安全工程专业学生、生产经营单位安全管理与技术人员的教育培训教材,也可供其他相关专业技术人员参考。

目 录

第一章 概论	1
第一节 安全系统工程的基本概念	1
一、系统的概念.....	1
二、系统工程的概念.....	2
三、安全系统工程的概念.....	3
第二节 安全系统工程的目标、研究对象和内容	3
一、系统安全与系统安全目标.....	3
二、安全系统工程目标的实现.....	4
三、安全系统工程的研究对象.....	5
四、安全系统工程的内容.....	6
第三节 安全系统工程的应用及其优点	8
一、安全系统工程的应用.....	8
二、安全系统工程的优点.....	9
思考题	9
第二章 系统危险性定性分析	10
第一节 安全检查表	10
一、概述.....	10
二、编制和格式.....	11
三、种类.....	13
四、优缺点.....	14
五、应用实例.....	14
第二节 危险性预先分析	15
一、危险性的辨识.....	15
二、危险性等级.....	16
三、分析步骤.....	17
四、应用实例.....	17
第三节 故障类型和影响分析	20
一、概述.....	20
二、故障类型和故障等级.....	20

三、分析步骤	22
四、应用实例	23
第四节 原因—结果分析	26
一、概述	26
二、因果图	26
三、分析步骤	27
四、应用举例	27
第五节 危险性与可操作性研究	30
一、基本原理	30
二、分析步骤	31
三、应用实例	33
四、适用范围	35
思考题	35
第三章 系统危险性定量分析	36
第一节 事件树分析	36
一、事件树分析与决策论	36
二、事故的动态分析	36
三、特点及适用性	37
四、应用实例	38
第二节 事故树分析	38
一、概述	38
二、事故树的编制方法	41
三、事故树定性分析	43
四、事故树定量分析	53
五、应用实例	54
第三节 作业条件危险性分析	60
一、基本原理	60
二、L、E、C的取值标准	60
三、评价过程	63
四、方法的优缺点	63
五、应用实例	63
第四节 火灾爆炸指数评价	64
一、评价原理	64
二、评价过程	64

第五节 概率安全评价	87
一、概述	87
二、安全指标	88
三、评价实例	91
第六节 其他安全评价方法	93
一、ICI 蒙德法	93
二、化工六阶段法	132
三、机械工厂安全评价法	136
四、工业管道的风险分析	148
五、火力发电站安全评价	174
思考题	177
第四章 系统安全评价	178
第一节 概述	178
一、目的和原则	179
二、基本概念	180
三、基本类型	180
四、基本原理	181
第二节 安全评价的内容与程序	188
一、评价的内容	188
二、评价的程序	188
第三节 企业安全分析与评价	190
一、企业固有危险性评价	190
二、企业管理现状评价	192
三、企业现实危险性评价	195
第四节 系统安全经济评价	196
一、伤亡事故的经济损失	196
二、最优安全投资	201
三、技术经济分析与评价	204
思考题	209
第五章 安全系统工程与职业安全卫生管理体系	210
第一节 HSE 管理体系的由来与发展	210
一、体系的由来	210
二、管理体系标准化发展趋势	212

三、职业安全卫生管理体系标准化的国内开展情况·····	213
第二节 HSE 管理体系的系统模式和运行程序·····	214
一、职业安全卫生管理体系的系统模式·····	214
二、职业安全卫生管理体系的运行模式·····	215
第三节 HSE 管理体系的基本特征与内容·····	216
一、HSE 管理体系的基本特征·····	216
二、HSE 管理体系基本内容·····	216
第四节 系统危险性定性分析技术在体系建设中的应用·····	218
一、安全检查表·····	218
二、危险性和可操作性研究·····	220
第五节 系统危险性定量分析技术在体系建设中的应用·····	222
一、事件树分析·····	222
二、事故树分析 (FTA)·····	223
第六节 系统安全评价与职业安全健康管理体系·····	225
思考题·····	227
附录·····	228
主要参考文献·····	238

第一章 概 论

学习目标

1. 学习并掌握系统、系统工程和安全系统的概念及意义；
2. 明确安全系统工程的目标、研究对象及研究内容；
3. 了解安全系统工程的应用、发展及所具有的优点。

第一节 安全系统工程的基本概念

系统科学的产生与应用，促使人们用一个全新的观念来解决生产中的安全问题，即从系统的概念出发，用系统的思想方法来考察和解决生产中的问题，因此，在讨论安全系统工程之前，必须先了解系统和系统的概念。

一、系统的概念

系统这一概念，来源于古代人类社会的实践经验，并在长期的社会实践过程中不断地发展并逐渐形成。对于这一概念有多种理解，但其基本意义大致相同。即系统是由相互作用、相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特殊功能的有机整体。

系统用数学表达为：

$S \subset V_1 \times V_2 \times \dots \times V_i$

式中 S ——系统；

$V_1, V_2 \dots V_i$ ——元素， $i \geq 2$ 。

描绘一个系统应包括以下四部分内容：系统元素，元素间的关系，边界条件，输入及输出的能量、物料、信息等。

系统无处不在，如一块手表、一辆自行车、一架飞机、一个宇宙飞船等都是一个系统。一个工段、车间、工厂，一个联合企业，飞机工业，农业，甚至整个国民经济，整个世界，整个宇宙都可看做一个系统。例如，对生产系统来

讲，系统是由人员、物质、设备、内务、任务指标和信息等按任务水平组成的整体。其功能是在既定的操作或后勤支援的条件下，协同完成预定的生成目标。

系统按形式划分为：自然系统、人工系统和复合系统。按结构复杂程度划分为：简单系统、复杂系统。

系统具体有以下几个特点：

1. 目的性

任何系统必须具有明确的功能以达到一定的目的，没有目的就不能成为系统。

2. 整体性

系统至少是由两个或两个以上可以相互区别的元素（单元）按一定方式有机地组合起来，完成一定功能的综合体。系统整体功能不是个别元素功能的简单叠加，而是通过不同功能不同性能元素的有机联系、互相制约，即使在某些元素功能并不完善的情况下，经过组合，也能统一成为具有良好功能的系统。反之，即使每个元素都是良好的，但如果只是简单叠加，而未经过良好组合，则构成整体后并不一定具备某种良好的功能。

3. 分解性

系统由元素组成，具有可分解性。可以认为系统是由较小的分系统有机组合而成，而分系统又由更小的子系统组成……依次类推，直到组成系统的最小单元为止。

4. 相关性

系统内部各元素之间相互有机联系、相互作用、相互依赖的特定关系决定系统的特性。系统本身不是孤立的，与周围边界条件有密切关系，也就是说，系统必须适应外部环境条件的变化。分析问题时，必须考虑环境对系统的作用。

二、系统工程的概念

系统工程是系统思想在工程上的实践。系统工程就是从系统的认识出发，设计和实施一个整体，以求达到所希望得到的效果。所谓工程，就是要强调达到效果，要有具体可行的措施，也就是要改造客观世界。

系统工程就是从系统的观点出发，跨学科地考虑问题，运用工程的方法去研究和解决各种系统问题。具体地说，就是运用系统分析理论，对系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用等各个阶段进行有效的组织管理。它科学地规划和组织人力、物力、财力，通过最佳方案的选择，使系统在各种约束条件下，达到最合理、最经济、最有效的预期目标，它着眼于整体的状态和过

程，而不拘泥于局部的、个别的部分。这是因为系统工程采用了新的方法论，这种方法论的基础就是系统分析的观点，即一种“由上而下”、“由总而细”的方法。它不着眼于个别单元的性能是否优良，而是要求巧妙地利用单元间或子系统之间的相互配合与联系，来优化整个系统的性能，以求得整体的最佳方案。

三、安全系统的概念

安全系统的定义是：应用系统工程的原理与方法，识别、分析、评价、排除和控制系统中的各种危险，对工艺过程、设备、生产周期和资金等因素进行分析评价和综合处理，使系统可能发生的事故得到控制，并使系统安全性达到最佳状态。由于安全系统工程是从根本上和整体上来考虑安全问题，因而它是解决安全问题的具有战略性的措施。为安全工作者提供了一个既能对系统发生事故的可能性进行预测，又可对安全性进行定性、定量评价的方法，从而为有关决策人员提供决策依据，并据此采取相应安全措施。

安全系统工程是系统工程学科的一个分支，它的学科基础除了有系统论、控制论、信息论、运筹学、优化理论等外，还有其特有的学科基础，如预测技术、可靠性工程、人机工程、行为科学、工程心理学、职业卫生学、劳动保护法规、法律以及相关的各工程学等多门学科和技术。

第二节 安全系统的目标、研究对象和内容

系统思想引入到安全生产科学技术方面来，形成了系统安全的概念。作为一种概念，一种思想方法，是要指导实践，改造客观世界的。按照系统安全思想方法指导生产系统，是安全系统的任务。

一、系统安全与系统安全目标

系统安全，是系统和安全这两个概念的综合。系统的概念，前已叙述。安全的概念，可以认为是免除造成人员伤害和设备损坏的意外事件的条件。

讨论一个约定的系统，研究其安全性时，必须考虑系统的输入、输出和系统模型的描述三者之间的关系，如图1-1所示。

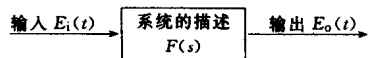


图 1-1 系统示意

以一架客机为例，将客机和机组人员看做一个系统。系统的功能是安全地运载旅客到达目的地。

系统的输入 $E_i(t)$ ：在众多的因素中，主要包括气象条件，客机维修、检修情况，机组人员的素质和训练情况。

系统模型的描述 $F(s)$ ：受飞行高度和速度影响的燃料耗用情况，受空气中气流影响的飞机偏航、俯仰、摇摆等特性，受着陆速度和跑道条件影响的轮胎以及制动机构的反应特性。

系统的输出 $E_o(t)$ ：指当可能造成系统发生危险的各种因素输入系统后，系统对其反应的综合结果。有三种可能性，一是无危险发生，安全到达目的地；二是有危险发生，但得到控制和排除，化险为夷；三是有一个或几个危险发生，至少有一个危险未被控制，导致系统处于不安全状态，发生事故。

一般而言，系统的安全与操作程序、设备的完好状况，以及乘务员的素质和训练有关，也与环境因素和操作条件有关，而这些条件是系统在执行任务中必然会产生。

这样，系统安全可定义为：在保证系统的功能、最短时间、最低经济成本以及其他条件限制下，在系统寿命周期的各个阶段均可达到的最佳安全程度。

安全系统工程，是系统安全思想在安全生产科学技术中的实践。因此，系统安全所达到的目标，就是安全系统工程的目标。对于一个给定的系统，系统安全所达到的安全目标是要建立这样一种状态：使系统中的每个人都在系统的危险性均已被识别、并被控制在一个可以接受的潜在的伤害水平的环境中生活和工作。1974年美国原子能委员会发表的《美国商用核电站风险评价报告书》，就是应用安全系统工程中系统安全分析的方法，定量地对核电站可能带来的风险进行分析，令人信服地得出了核电站是安全的结论。

二、安全系统工程目标的实现

应用系统安全思想方法指导安全生产，是从全局的观点和事物内部相互联系的观点来开展安全活动的。为了达到系统安全目标，一系列安全活动是贯穿在从系统形成的初期阶段到系统投入使用后的各个阶段之中。一个被开发的新系统，一般包括制定方案、设计、研制、生产、使用维修等五个阶段。针对每个阶段开展相应的主要安全活动有：拟定安全方案，参与故障分析和风险分析，鉴定安全设备，拟定安全试验计划及试验，安全教育与培训和事故调查等。各项安全活动安排在相应阶段，如表 1-1 所示。

制定方案阶段，是开发系统的初始阶段，调查系统在安全方面的历史数据资料和未来技术的安全状况，是开发系统的基础。本阶段应当辨认系统中的主要危险源，分析发生危险的原因和对系统的影响程序，判断危险的类型，以便提出措施，在设计和使用时加以控制。本阶段还要提出安全设计标准与要求，

表 1-1 安全活动安排

安 全 活 动	制定方案	技术设计	研 制	生 产	使用维修
制定安全方案	√				
提出安全设计标准要求	√	√	√		
进行危险性分析	√	√	√	√	
安全设计方案审查	√	√	√	√	
参与故障分析和风险分析		√	√		
鉴定安全设备	√	√	√		
拟定安全试验方案及试验	√	√	√	√	√
安全培训			√	√	√
事故调查		√	√	√	√

进行设计安全审查，并就初步设计的安全性做出结论。

技术设计阶段，是方案化的阶段。在此阶段要广泛地研究系统的适用性和验证初步设计，对技术风险、成本、人机工程、操作与维修的合理性以及安全状况进行全面详细地分析，提出报告，以供审查设计之用。通过技术设计，可以得到一个在安全方面可接受的合适的总体，以便在下一阶段进一步完善。

研制阶段，是技术设计的进一步深化与完善。本阶段要完善安全设计标准，为控制系统的危险性提出完善措施，进行更完善的试验以验证设计的可靠性和可行性，对全部故障均要进行研究并分析对系统安全的影响。通过修改设计、改进工艺、安全培训等措施，完善系统，坚持安全设计标准，审查设计的安全性，并做出结论。

生产阶段，监督制造厂有关安全试验的结论，与质量部门配合控制质量，同时对操作者进行安全培训，对危险性进行分析并对控制措施进行客观地审查，以便做出可行性结论。

使用维修阶段，主要工作是在系统运行以后，进行安全教育培训，并对使用维修中发生的事故进行调查分析，以便采取新的措施。

综上所述，安全活动在系统的初期阶段就开始，贯穿在系统形成的各个阶段的全过程之中，体现了系统思想的整体观点和全局观点。系统形成初期所认识的危险，可通过修改设计、改进工艺等措施得到消除和控制，是一种预测预防的工作，从而保证系统在运行时达到最佳安全状态，做到防患于未然。由此可见，安全系统工程与过去以经验为主的安全管理有着质的区别。

三、安全系统工程的研究对象

安全系统工程作为一门科学技术，有它本身的研究对象。在任何一种人类

的生产活动中，始终存在着安全与危险这一对矛盾，安全系统工程的基本任务就是要解决这一对矛盾，促使矛盾向安全方面转化。一般说来，任何生产系统都包括三部分，即从事生产活动的操作人员和管理人员，生产必须具备的机器装备、厂房等各种物质条件，以及生产活动所处的环境。这三个部分构成了一个“人—机—环境”系统，每一部分是其中的一个子系统，称之为人子系统、机器子系统和环境子系统。

人子系统，涉及到人的生理因素和心理因素，以及规章制度、规程等如何适合人的特性、易于为人们所接受的问题。不仅把人看做“生物人”、“经济人”，而且也是“社会人”，必须从安全心理学、行为科学等方面科学地解决这些问题，以充分发挥人的主观能动性。

机器子系统，不仅要考虑工件的形状、大小、材料、强度、工艺、设备的可靠性等各方面考虑其安全性，而且要考虑仪表、操作部件对人提出来的要求，以及从人体学、生理学、心理学研究人在正常劳动条件下，人体参数、结构特点、运动特点、心理与生理过程等有关参数对仪表和操作部件的设计提出要求。

环境子系统，主要包括环境的物化因素和社会因素。物化因素主要有噪声、振动、粉尘、有毒气体、射线、光、温度、湿度、压力、热、化学有害物质等；社会因素有管理制度、工时定额、班组结构、人际关系等。

环境子系统与机器子系统和人子系统相互影响，物化因素将影响机器的寿命、精度，甚至损坏机器；机器产生的噪声、振动、温度、尘毒，又影响人和环境；而人的心理状态、生理状态往往是引起误操作的主观因素；环境的社会因素又会影响人的心理状态和生理状态，给安全带来潜在危险。所以，在“人—机—环境”系统中，这三个子系统相互联系、相互制约、相互影响，构成了一个有机的整体。安全系统工程就是从系统思想出发，研究“人—机—环境”系统，提高其整体的安全功能。

四、安全系统工程的内容

综上所述，安全系统工程是以“人—机—环境”系统为研究对象的一门跨学科的综合性学科，在研究中，既要处理有关信息，又要提出工程上采取的措施。所以，它既包含“软科学”的内容，又有“硬科学”的内容。由于安全系统工程是一门新兴的学科，还不很成熟和完善，它所包含的内容不只限于以下几个方面，还有待于开发、充实。

1. 系统安全分析

为了保证系统的安全，必须仔细地寻找引起系统发生事故的各种事件，以充分认识系统中的危险性。只有分析得准确，才能在安全性评价中得到正确的

答案。可见，系统安全分析在安全系统工程中占有十分重要地位。根据实际需要和系统完善的不同程度，可以把分析进行到不同深度，可以是初步的或详细的，定性的或定量的，每种深度都可以得出相应的答案，来满足不同项目、不同情况的要求。

当前已经发表的系统安全分析方法有数十种之多，每一种方法都有自己产生的历史和条件，所以并不能处处都通用。要完成一个准确的分析，就要综合使用多种分析方法，取长补短，有时还要相互比较，看哪些方法和实际情况更吻合。因此，应当熟悉各种方法的内容和长处，用起来才能得心应手。由于各种方法是从各种不同角度对系统的安全性进行分析，所以其中不少方法是雷同或重复的，这也正说明安全系统工程是一门新学科，尚处于蓬勃发展的阶段，很多方法还未定型的缘故。

通过实践，一般认为定性分析的系统安全分析方法，如安全检查表法、故障类型和影响分析法、事件树分析法和事故树分析法等较为实用。中国自20世纪70年代末才开始介绍和推广应用系统安全分析的方法，虽然起步较晚，但已广为人们所接受。

2. 安全性评价

系统安全分析的目的，就是为了评价系统的安全性。通过分析，了解系统中潜在危险和薄弱环节所在，发生事故的概率和可能的严重程度等，这些都是评价的依据。

定性分析的结果只能做定性评价，也就是说，能够知道系统中危险性的大致情况。例如，数据多少和严重程度等。但这比起用经验安全管理的方法来，已经系统和准确得多了。只有经过定量的评价才能充分地发挥安全系统工程的作用。决策者可以根据评价的结果选择技术路线，保险公司可以根据企业不同的安全性规定不同的保险金额，领导和监察机关可以根据评价结果督促企业改进安全状况。

当前，有两类重要的安全性评价方法，其一就是对系统的可靠性、安全性进行评价；其二是根据生产所涉及的物料，采用所谓物质系数法进行评价。这两类方法国内均在研究、试行和应用，将在有关章节中详细介绍。

3. 安全措施

根据安全性评价的结果，可以对系统进行调整甚至修改设计，以消除和控制系统中的危险有害因素，提高系统的安全性。一般采取的安全措施有增设安全防护装置，改进工艺过程或修改设计，改善作业环境，加强安全教育和管理工作等方面。

4. 安全价值分析

当系统中的危险性已被认识，为了控制和消除这些危险因素，以提高系统