高等教育安全工程专业规划教材

ANQUAN XITONG GONGCHENG

安全系统工程

刘 辉 主 编
孙世梅 马池香 副主编

中国建筑工业出版社

高等教育安全工程专业规划教材

安全系统工程

刘　辉　主　编
孙世梅　马池香　副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目（CIP）数据

安全系统工程/刘辉主编. —北京 ：中国建筑工业出版社，2016.3

高等教育安全工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-19090-4

Ⅰ.①安… Ⅱ.①刘… Ⅲ.①安全系统工程-高等学校-教材 Ⅳ.①X913.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 030206 号

本书在对安全系统工程的相关基本概念进行介绍的基础上，以系统生命周期的思想为主线。全书共分为 6 章，第一章介绍安全系统工程的发展简史、基本概念及研究内容；第二章介绍危险源的定义及分类、辨识方法和重大危险源，是系统安全分析的基础；第三章强调系统安全分析基本概念、程序、应用实例和适用性；第四章介绍安全评价的基本理论、程序和几种安全评价方法；第五章介绍常用的安全预测方法；第六章介绍常用的几种安全决策方法和安全对策措施。

本教材适用于安全工程专业及其他相关专业的本科教学，也可作为广大安全工程教学与研究工作者和从事生产安全实践工作者的参考读本。

责任编辑：张文胜　田启铭

责任设计：李志立

责任校对：李美娜　姜小莲

高等教育安全工程专业规划教材

安 全 系 统 工 程

刘　辉　主　编

孙世梅　马池香　副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米　1/16　印张：11　字数：265 千字

2016 年 6 月第一版　2016 年 6 月第一次印刷

定价：**25.00** 元

ISBN 978-7-112-19090-4

（28307）

前　言

随着社会进步和安全生产法制的不断推进，安全理念已经发生了重大改变，“以人为本，安全发展”成为保证社会经济持续健康发展的重要安全理念。解决生产中存在的安全问题，也在从“问题出发型”向“问题发现型”转变，对安全的认识程度大幅提升。安全系统工程为解决安全问题提供安全系统工程原理和方法，安全系统工程是高等学校安全工程专业的必修课程之一。

本书结合作者多年从事安全系统工程教学实践和施工安全方面的相关研究，并在整理授课教案及讲义的基础上进一步充实、提高，应用实例更加突出了建筑安全工程的特点。本书力求层次分明，结构合理，应用实例新颖典型，以系统生命周期的思想为主线，涵盖了安全系统工程基本概念、系统安全分析、系统安全评价、系统安全预测、系统安全决策等相关内容。通过本书的学习，学生能掌握安全系统工程原理和方法，对一定环境条件下系统的危险性进行定性和定量分析、评价和预测，把握系统设计、施工、运行及管理过程中的危险性，提出系统危险的预防和控制对策。

本书由吉林建筑大学刘辉任主编，吉林建筑大学孙世梅、青岛理工大学马池香任副主编。本书共分为六章，第一章绪论，由吉林建筑大学刘辉和孙世梅编写；第二章危险源辨识，由青岛理工大学马池香和长春工程学院李丽编写；第三章系统安全分析，由刘辉编写；第四章系统安全评价，由吉林建筑大学孙世梅和青岛理工大学马池香编写；第五章系统安全预测，由青岛理工大学马池香和吉林建筑大学城建学院于景晓编写；第六章系统安全决策，由吉林建筑大学闫伟和吉林建筑大学城建学院王冰编写。

本书编写时参阅了许多文献和专著，主要参考文献列在书后，在此向参考文献作者们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不当之处，敬请读者提出宝贵意见。

目　录

第一章 绪 论

安全系统工程是20世纪60年代以系统工程的方法研究、解决生产过程中的安全问题，预防伤亡事故和经济损失而产生的一门崭新学科，是随着生产的发展而发展起来的。它以生产过程中的人、机、环境系统为研究对象，以消除和控制系统中的危险因素为目的，把要研究的安全问题，经分析、推理、判断，建立某种安全系统模型，进而用系统工程的方法和理论进行分析预测、评价，并采取防范措施消除或控制系统中的不安全因素，杜绝系统事故的发生或使事故发生减少到最低限度，使系统达到最佳的安全状态。它在保证安全生产方面显示了巨大的效果。

人类社会发展经历了不同的社会阶段，与此同时伴随着各种各样的自然灾害、生产事故，在此过程中人类在采取各种安全措施来解决生产中各种事故的同时，还要研究生产过程中各种事故之间的内在联系和变化规律。通过实践，人们总结出两种阻止或减少事故的办法：

一种是传统安全工作方法，即事故发生后吸取教训，进行预防的方法，也叫做“问题出发型”方法。主要是从事故后果查找原因，采取措施防止事故重复发生。通常指的是采取各种组织和技术措施，如设立专职机构，制定法规标准，进行监督检查和宣传教育，以及防尘防毒，防火防爆，使用安全防护设备、个人防护用具等。

另一种是安全系统工程方法，即用系统工程控制事故的方法，也叫做“问题发现型”方法。这种方法是从系统内部出发，研究各构成部分存在的安全联系，检查可能发生事故的危险性及其发生途径，通过重新设计或变更操作来减少或消除危险性，把发生事故的可能降低到最小限度。

传统安全工作方法作为阻止事故发生的安全哲学、安全方法具有滞后性，而安全系统工程方法是研究如何针对系统的生命周期采取有计划、有规律且系统的方法进行危险识别、危险分析和危险控制，从而达到阻止或减少事故的一门学科。

第一节 安全系统工程的发展简史

一、国外安全系统工程的发展

(一) 军事系统的安全系统工程

安全系统工程产生于20世纪50年代末60年代初美、英等工业发达国家。1957年苏联发射了第一颗人造地球卫星之后，美国为了赶上空间优势，匆忙地进行导弹技术开发，实行所谓研究、设计、施工齐头并进的方法，由于对系统的可靠性和安全性研究不足，在一年半的时间内连续发生了四次重大事故，每一次都造成了数以百万美元计的损

失，最后不得不全部报废，从头做起。从而迫使美国空军以系统工程的基本原理和管理方法来研究导弹系统的安全性、可靠性，于1962年第一次提出了“弹道导弹系统安全工程”，制定了《武器系统安全标准》；1963年提出了《系统安全程序》；到1967年7月由美国国防部确认，将该标准定为美军标准，之后又经两次修订，成为现在的《系统安全程序要求》MIL-STD-882 B。它以标准的形式规范了美国军事系统工程项目在招标以及研发过程中对安全性的要求和管理程序、管理方法、管理目标，首次奠定了安全系统工程的概念，以及设计、分析、综合等基本原则。这就是由事故引发的军事系统的安全系统工程。

（二）核工业的安全系统工程

英国在核安全方面的研究开始比较早，从20世纪60年代中期开始收集有关核电站故障的数据，对系统的安全性和可靠性问题，采用了概率评价方法，建成了系统可靠性服务所和可靠性数据库，成功开发了概率风险评价（PRA）技术，从而以概率来计算核电站系统风险大小以及是否可以接受。1974年，美国原子能委员会发表了拉斯姆逊教授的《商用核电站风险评价报告》（WASH-1400）。报告收集了核电站各个部位历年发生的故障及其概率，采用了事件树和事故树的分析方法，作出了核电站的安全性评价。这个报告发表后，引起了世界各国同行的关注，从而成功地开发应用了系统安全分析和系统安全评价技术。该报告的科学性和对事故预测的准确性得到了“三哩岛事件”（核电站堆芯熔化造成放射性物质泄漏事故）的证实。

（三）化工系统的安全系统工程

1964年，美国道（DOW）化学公司发表了化工厂“火灾爆炸指数评价法”，俗称道氏法，该法用于对化工生产装置进行安全评价，该方法历经6次修订，到1993年已发展到了第7版，并出版了教科书。该方法是根据化学物质的理化特性确定的物质系数为基础，综合考虑一般工艺过程和特殊工艺过程的危险特性，计算系统火灾爆炸指数，评价系统损失大小，并据此考虑安全措施，修正系统风险指数。1974年，英国帝国化学公司（ICI）在道化学公司评价方法的基础上，引进了毒性概念，并发展了某些补偿系数，提出了“蒙德（Mond）火灾、爆炸、毒性指标评价法”。1976年，日本劳动省发表“化工企业安全评价指南”，亦称“化工企业六步骤安全评价法”，该评价方法是以分析与评价，定性评价与定量评价相结合的一种对化工系统的全过程进行综合分析和评价的方法。它不仅规定了评价方法、评价技术，也规定了系统生命周期每个阶段用哪种评价方法，如何进行评价等。

（四）民用工业的安全系统工程

20世纪60年代正是美国市场竞争日趋激烈的年代，许多民用产品在没有得到安全保障的情况下就投放市场，造成许多使用过程中的事故，用户纷纷要求厂方赔偿损失，甚至要求追究厂商的刑事责任，迫使厂方在开发新产品的同时寻求提高产品安全性的新方法、新途径。这期间，在电子、航空、铁路、汽车、冶金等行业开发了许多系统安全分析方法和评价方法。

当前，安全系统工程已普遍引起了各国的重视，国际安全系统工程学会每两年举办一次年会，1983年在美国休斯敦召开的第六次会议，参加国有四十多个，从讨论议题涉及面的广泛可以看出这门学科越来越引起了人们的兴趣。

二、我国安全系统工程的发展

在我国，安全系统工程的研究、开发是从20世纪70年代末开始的。天津东方化工厂应用安全系统工程成功地解决了高度危险企业的安全生产问题，为我国各个领域学习、应用安全系统工程起了带头作用。其后是各类企业借鉴引用国外的系统安全分析方法，对现有系统进行分析。到20世纪80年代中后期，人们研究的注意力逐渐转移到系统安全评价的理论和方法，开发了多种系统安全评价方法，特别是企业安全评价方法，重点解决了对企业危险程度的评价和企业安全管理水平的评价。

20世纪80年代以前，我国对安全工作虽然给予了高度的重视，每年也花费了大量的资金，但往往是采取问题出发型的办法，也就是说发生事故以后才去找原因和防治措施，这很难从根本上解决问题。

自从钱学森教授提出了“系统工程是组织管理的科学”这一著名论断之后，我国安全研究和管理人员深感必须采用系统工程的方法，才能真正改变企业安全工作的被动局面。也就是说，必须采用问题发现型，事先用系统工程方法，找出系统中的所有危险性，加以辨识、分析和评价，从而找出解决问题的措施，防患于未然。1982年，我国首次组织了安全系统工程讨论会，由研究单位、大专院校和重要企业等方面的同志参加。会上研究了在我国发展安全系统工程的方向，并组织分工进行预先危险性分析（PHA）、故障类型和影响分析（FMEA）、事件树分析（ETA）和事故树分析（FTA）等分析方法的研究，同时开展了安全检查表的推广应用工作。1987年，原机械电子部首先提出了在机械行业内开展机械工厂安全评价，1988年颁布了第一个部颁安全评价标准《机械工厂安全性评价标准》。1991年，完成了国家“八五”科技攻关项目“易燃、易爆、有毒重大危险源辨识、评价技术”，使我国工业安全评价方法的研究初步从定性评价进入定量评价阶段。1996年，颁布了《建设项目（工程）劳动安全卫生预评价导则》。2007年，国家安全生产监督管理总局发布了《安全评价通则》AQ 8001—2007、《安全验收评价导则》AQ 8002—2007、《安全预评价导则》AQ 8003—2007，规范了安全评价工作，提高了企业安全管理水平。近年来，特别是2014年12月1日实施新《安全生产法》以来，推进安全生产标准化建设更使安全工作向更广、更深的方向发展。

第二节　安全系统工程基本概念

一、系统

（一）系统的定义

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称为系统，而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。任何一个系统都应该符合以下条件：

（1）元素。系统必须由两个以上的元素所组成。

（2）元素间的联系。系统的各元素间互有联系和作用。

（3）边界条件。系统元素受外界环境和条件的影响。

（4）输入、输出的动态平衡。系统元素有着共同的目的和特定的功能，为完成这些功能，系统必须保持输入、输出的动态平衡。

（二）系统的特点

一般来讲，系统具有目的性、整体性、集合性、相关性、环境适应性和动态性等特征。这里对系统的四个主要特点说明如下：

1. 整体性

系统是由至少两个和两个以上的要素（元件或子系统）所组成，它们构成了一个具有统一性的整体——系统。要素间不是简单的组合，而是组合后构成了一个具有特定功能的整体，换句话说，即使每个要素并不都很完善，但它们可以综合、统一成为具有良好功能的系统。反之，即使每个要素是良好的，但构成整体后并不具备某种良好的功能，也不能称之为完善的系统。

2. 相关性

系统内各要素之间是有机联系和相互作用的，要素之间具有相互依赖的特定关系。例如，对于柴油机燃料供应系统来说，包括燃料供给装置、燃料压送装置、燃料喷射装置、驱动装置、调速装置，它们之间通过特定的关系，有机地结合在一起，就形成了一个具有特定功能的柴油机燃料供应系统。

3. 目的性

所有系统都是为了实现一定的目标，没有目标就不能称之为系统。为了达到既定目的，赋予系统规定的功能，需要在系统的生命周期，即系统的规划、设计、制造和使用等阶段，对系统采取最优规划、最优设计、最优控制和最优管理等优化措施。

4. 环境适应性

任何一个系统都处于一定的物质环境之中，系统必须适应外部环境条件的变化，而且在研究系统的时候，必须重视环境对系统的作用。

二、系统工程

系统工程是系统思想在工程上的实践。所谓工程，是将自然科学原理应用到各系统中而形成的各学科的总称。系统工程是以系统为研究对象，以达到总体最佳效果为目标，为达到这一目标而采取组织、管理、技术等多方面的最新科学成就和知识的一门综合性的科学技术。

（一）解决安全问题所采用的方法

1. 工程逻辑。从工程的观点出发，用逻辑学与哲学的一般思维方法进行系统的探讨和应用，同时把符号逻辑作为重要内容，采用布尔代数、关系代数、决策研究、数学函数等。

2. 工程分析。运用基本理论（如物质不灭定律、能量守恒定律等），系统地、有步骤地解决各类工程问题。采取的步骤包括：弄清问题、选择解决问题的恰当方法、实施、分析、总结。在分析过程中需要正确地运用数学方法。

3. 统计理论与概率论。这是由系统工程的数学特点所决定的，即系统的输入量与输出量带有很大的随机性，并且，在复杂的系统工程中常常会遇到随机函数问题。因此，需

要采用统计理论与概率论来处理系统工程中所遇到的数学问题。

4. 运筹学。指有目标地、定量地作出决策，在一定的制约条件下使系统达到最优化。目前，一般认为运筹学是系统工程最重要的技术内容与数学基础。运筹学的内容包括：线性规划、动态规划、排队论、决策论、优选法等。

(二) 现代管理学理论与原则

包括系统原理、人本原理、预防原理、强制原理。

1. 系统原理。现代管理对象都是一个系统，它包含若干分系统（子系统），同时又和外界的其他系统发生着横向的联系，为了达到现代化管理的优化目标，就必须运用系统理论、观点和方法，对管理进行充分的系统分析，以达到管理的优化目标，这就是管理的系统原理。系统原理包括以下四大原则：

(1) 动态相关性原则。构成管理系统的各个要素是运动和发展的，而且是相互关联的，它们之间既相互联系又相互制约，就是动态相关性原则。对安全管理而言，系统管理要素处于动态之中，且相互影响和制约，才有发生事故的可能。掌握与安全有关的管理要素之间的动态相关性特征，是避免事故发生、实现有效安全管理的前提。

(2) 整分合原则。对现代安全生管理对象应有全面的了解和谋划，在整体规划下应实行明确分工，在分工的基础上进行有效综合，建立内部横向联系或协作，使系统协调配合、综合平衡地运行。

(3) 反馈原则。反馈是控制过程中对控制机构的反作用。成功、高效的管理，离不开灵敏、准确、迅速的反馈。

(4) 封闭原则。指在任何一个安全管理系统内部，管理手段、管理过程等必须构成一个连续封闭的回路，才能形成有效的管理活动。按照系统原理的封闭原则，在企业安全管理体系内各种管理机构之间，各种管理制度、方法之间，必须具有紧密的联系，形成相互制约的回路，安全管理才能有效——闭环管理。

2. 人本原则。在管理活动中，把人的因素放在首位，体现以人为本的指导思想，就是人本原理。以人为本有两层含义：一是一切管理活动都是以人为本展开的，人既是管理的主体，又是管理的客体，每个人都处于一定的管理层面上，离开人就无所谓管理；二是管理活动中，作为管理对象的要素和管理系统的各个环节，都需要人掌握、运作、推动和实施。

(1) 能级原则。现代管理认为，单位和个人都具有一定的能量，并且可按照能量的大小顺序排列，形成管理的能级，就像原子中电子的能级一样。在管理系统中，建立一套合理能级，根据单位和个人能量的大小安排其工作，发挥不同能级的能量，保证结构的稳定性和管理的有效性，这就是能级原则。

(2) 动力原则。推动管理活动的基本力量是人，管理必须有能够激发人的工作能力的动力，这就是动力原则。对于管理系统，有 3 种动力，即物质动力、精神动力和信息动力。

(3) 激励原则。管理中的激励就是利用某种外部诱因的刺激，调动人的积极性和创造性。以科学的手段，激发人的内在潜力，使其充分发挥积极性、主动性和创造性，这就是激励原则。人的工作动力来源于内在动力、外部压力和工作吸引力。

(4) 行为原则。需要与动机是决定人的行为的基础，人类的行为规律是需要决定动

机，动机产生行为，行为指向目标，目标完成需要得到满足，于是又产生新的需要、动机、行为，以实现新的目标。安全生产的工作重点是防止人的不安全行为。

（5）纪律原则。组织内部从上到下都应该制定并遵守共同认可的行为规范，违犯了纪律就应该得到相应的惩罚。

3. 预防原理。通过有效的管理和技术手段，减少和防止人的不安全行为和物的不安全状态，从而使事故发生的概率降到最低的基本规律。

（1）偶然损失原则。事故所产生的后果（人员伤亡、健康损害、物质损失等），以及后果的严重程度，都是随机的，是难以预测的。反复发生的同类事故，并不一定产生相同的后果。根据事故损失的偶然性，无论事故是否造成了损失，无论事故损失的大小，都必须做好预防工作。

（2）因果关系原则。因果，即原因和结果。因果关系就是事物之间存在着一事物是另一事物发生的原因这种关系。事故是许多因素互为因果连续发生的最终结果。一个因素是前一因素的结果，而又是后一因素的原因，环环相扣，导致事故的发生。事故的因果关系决定了事故发生的必然性，即事故因素及其因果关系的存在决定了事故迟早必然要发生。只要诱发事故的因素存在，发生事故是必然的。掌握事故的因果关系，消除事故因素，就能预防事故的发生。

（3）3E 原则。造成人的不安全行为和物的不安全状态的主要原因可归结为四个方面：技术的原因、教育的原因、身体和态度的原因、管理的原因。针对这四个方面的原因，可以采取三种防止对策，即工程技术（Engineering）对策、教育（Education）对策和管理（Enforcement）对策。这三种对策就是所谓的 3E 原则。通过运用 3E 原则，可以有效预防事故的发生。

（4）本质安全化原则。即从一开始和从本质上实现了安全化，从根本上消除事故发生的可能性，从而达到预防事故发生的目的。本质安全化是预防原理在现代安全管理中的具体体现和根本应用，也是安全管理的最高境界。设备、设施或技术工艺含有内在的能够从根本上防止发生事故的功能，本质安全化的含义不仅局限于设备、设施的本质安全化，而应扩展到诸如新建工程项目、交通运输、新技术、新工艺、新材料的应用，甚至包括人们的日常生活等各个领域中。

4. 强制原理。采取强制管理的手段控制人的意愿和行动，使个人的活动、行为等受到安全管理要求的约束，从而实现有效安全管理的基本规律。

（1）安全第一原则。安全第一就是要求在进行生产和其他活动时，把安全工作放在一切工作的首要位置。当生产和其他工作与安全发生矛盾时，要以安全为主，生产和其他工作要服从安全。安全第一是安全生产管理的基本原则，也是安全生产方针的重要内容，贯彻安全第一原则，就是要把保证安全作为完成各项任务、做好各项工作的前提条件。

（2）监督原则。为促使各级生产管理部门严格执行安全法律、法规、标准和规章制度，保护职工的安全与健康，实现安全生产，必须授权专门的部门和人员行使监督、检查和惩罚的职责，以揭露安全工作中的问题，督促问题的解决，追究和惩戒违章失职行为，是强制原理的具体运用。

三、安全系统工程

所谓安全系统工程，是指采用系统工程方法，识别、分析、评价系统全寿命周期中的危险性，根据其结果调整工艺、设备、操作、管理、生产周期和投资等因素，使系统可能发生的事故得到控制，并使系统安全性达到最好的状态。

安全系统工程是为解决复杂系统的安全问题而开发、研究出来的安全理论、方法体系。强调从一个产品、一项工程最初的概念设计阶段开始，直至后续的设计阶段、生产阶段、测试使用，直至其报废、废弃各阶段，始终进行安全分析与危险控制的活动。

（一）系统的生命周期

任何一个系统都有其生命周期（Life Cycle），包括系统的设计、研发、测试和评估以及生产、操作维护直至报废的各个阶段。系统或产品生命周期划分的粗细程度不尽相同，通常情况下包括以下六个阶段，即：概念设计阶段、定义阶段、研发阶段、生产阶段、使用维护阶段和报废阶段。为了保证系统的安全，在各个阶段有着不同的控制要点。在实际工作中，针对系统生命周期的各个阶段采用安全评价来解决可能存在的安全问题，对于基本建设项目，其全寿命周期主要包括项目建议书阶段、可行性研究阶段、设计阶段、建设准备阶段、施工安装阶段、生产准备阶段、竣工验收阶段、项目运营与维护阶段和项目拆除阶段等。矿山、金属冶炼建设项目和用于生产、储存、装卸危险物品的建设项目，应当按照国家有关规定进行安全评价，在可行性研究阶段、竣工验收阶段和正常运行阶段分别进行安全预评价、安全验收评价和安全现状评价，建设项目的生命周期各阶段与安全评价的关系如图 1-1 所示。

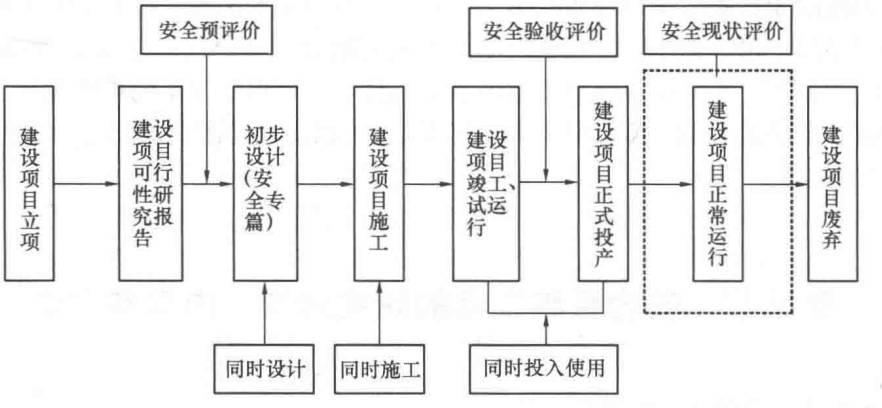

图 1-1　建设项目的生命周期各阶段与安全评价的关系

（二）安全系统工程的思想

利用安全系统工程解决安全问题的思想是安全生产的灵魂，是企业职工必须具备的最基本素质。该思想主要反映在以下三个方面：

1. 安全是相对的思想

首先要理解什么是安全。安全意味着可以容忍的风险程度，是一种相对主观的概念、安全是一种心理状态。没有任何一种事物是绝对安全的，任何事物中都潜伏着危险因素，通常所说的安全或危险只不过是一种主观的判断。通常用社会允许危险作为判别安全与危

险的标准。那么社会允许危险具体体现为所制定的国家、行业安全标准。

经定量化的风险率或危害程度是否达到要求的（期盼的）安全程度，需要有一个界限、目标或标准进行比较，这个标准成为安全标准。

安全标准是受到当前的安全科学技术发展水平和经济等因素的制约和影响的，不可能根除一切危险源和危险。确定安全标准的方法有统计法和风险与收益比较法。对系统进行安全评价时，也可以对评价得到的危险指数进行统计分析，确定使用一定范围的安全标准。

安全是通过对系统的危险性和允许接受的限度相比较而确定，安全是主观认识对客观存在的反映，这一过程可用图 1-2 加以说明。

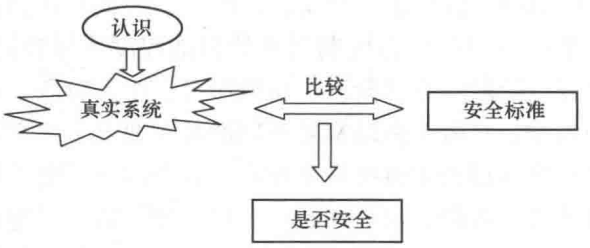

图 1-2　安全的认识过程

2. 安全伴随着系统生命周期的思想

系统的生命周期从系统的构思开始，经过可行性论证、设计、建造、试运转、运转、维修直至系统报废（完成一个生命周期），其各个环节都存在不同的安全的问题。要充分认识系统生命周期中安全的两个方面：本质化安全和工程化安全。本质化安全和工程化安全构成了系统生命周期安全的思想。

3. 系统中的危险源是事故根源的思想

危险源是可能导致事故的潜在的不安全因素。任何系统都不可避免地存在某些危险源，而这些危险源只有在触发事件的触发下才会产生事故。

第一类危险源、第二类危险源（见第二章）。一起伤亡事故的发生往往是两类危险源共同作用的结果。第一类危险源是伤亡事故发生的能量主体，决定事故后果的严重程度；第二类危险源是第一类危险源造成事故的必要条件，决定事故发生的可能性。

如何解决危险源问题？应从三个方面思考：1）识别危险源；2）危险源的评价分析；3）危险源的控制。

第三节　安全系统工程的研究对象、内容和方法

一、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。任何一个生产系统都包括 3 个部分，即从事生产活动的操作人员和管理人员，生产必需的机器设备、厂房等物质条件以及生产活动所处的环境。这 3 个部分构成一个“人—机—环境”系统，每一部分就是该系统的一个子系统，分别称为人子系统、机器子系统和环境子系统。

（一）人子系统

该子系统的安全与否涉及人的生理和心理因素，以及规章制度、规程标准、管理手段、方法等是否适合人的特性，是否易于为人们所接受的问题。研究人子系统时，不仅把

人当做“生物人”、“经纪人”，更要看做“社会人”，必须从社会学、人类学、心理学、行为科学角度分析问题、解决问题；不仅把人子系统看作系统固定不变的组成部分，更要看到人是一种自尊自爱、有感情、有思想、有主观能动性的人。

（二）机器子系统

对于该子系统，不仅要从工件的形状、大小、材料、强度、工艺、设备的可靠性等方面考虑其安全性，而且要考虑仪表、操作部件对人提出的要求，以及从人体测量学、生理学、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。

（三）环境子系统

对于该子系统，主要应考虑环境的理化因素和社会因素。理化因素主要有噪声、振动、粉尘、有毒气体、射线、光、温度、湿度、压力、化学等有害物质等；社会因素有管理制度、工时定额、班组结构、人际关系等。

3 个子系统相互影响、相互作用的结果就使系统总体安全性处于某一种状态。例如，理化因素影响机器的寿命、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；人的心理状态、生理状况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，给安全带来潜在危险。这就是说，这 3 个相互联系、相互制约、相互影响的子系统构成了一个“人—机—环境”系统的有机整体。分析、评价、控制“人—机—环境”系统的安全性，只有从 3 个子系统内部及 3 个子系统之间的这些关系出发，才能真正解决系统的安全问题。安全系统工程的研究对象就是这种“人—机—环境”系统（以下简称“系统”）。

二、安全系统工程的研究内容

安全系统工程是专门研究如何用系统工程的原理和方法确保实现系统安全功能的科学技术。其主要研究内容有系统安全分析、系统安全评价和系统安全决策与控制。

（一）系统安全分析

要提高系统的安全性，使其不发生或少发生事故，其前提条件就是预先发现系统可能存在的危险因素，全面掌握其基本特点，明确其对系统安全性影响的程度。只有这样，才有可能抓住系统可能存在的主要危险，采取有效的安全防护措施，改善系统的安全状况。这里所强调的“预先”是指：无论系统生命过程处于哪个阶段，都要在该阶段开始之前进行系统的安全分析，发现并掌握系统的危险因素。这就是系统安全分析要解决的问题。

系统安全分析是使用系统工程的原理和方法辨别、分析系统存在的危险因素，并根据实际需要对其进行定性、定量描述的一种技术方法。

根据文献介绍，系统安全分析有多种形式和方法，使用中应注意以下几点：

1. 根据系统的特点、分析的要求和目的，采取不同的分析方法。因为每种方法都有其自身的特点和局限性，并非处处通用。使用中有时要综合应用多种方法，以取长补短或相互比较，验证分析结果的正确性。

2. 使用现有分析方法不能死搬硬套，必要时要根据实用、好用的原则对其进行改造或简化。

3. 不能局限于分析方法的应用，而应从系统原理出发，开发新方法，开辟新途径，还要在以往行之有效的一般分析方法的基础上总结提高，形成系统性的安全分析方法。