



“十二五”普通高等教育规划教材

安全系统工程

田 宏 主 编

张福群 副主编

Anquan Xitong Gongcheng



中国质检出版社
中国标准出版社



“十二五”普通高等教育规划教材

Anquan Xitong Gongcheng

安全系统工程

田 宏 主 编
张福群 副主编

中国质检出版社
中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

安全系统工程/田宏主编. —北京:中国质检出版社, 2014.5

“十二五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5026-3977-8

I. ①安… II. ①田… III. ①安全系统工程 IV. ①X913.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 023327 号

内 容 提 要

本书系统地介绍了安全系统工程的理论方法及其实际应用。主要内容包括:安全系统工程的基本概念及发展现状,系统安全分析,系统安全评价,系统安全预测和决策,系统危险控制技术,典型事故影响模型和定量计算。为便于读者掌握所学内容,本书列举了大量应用实例,并在章末附有习题和思考题。

本书可作为高等院校安全工程及相关专业的教材,也可供安全管理和技术人员参考。

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100029)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www. spc. net. cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 14.75 字数 381 千字

2014 年 5 月第一版 2014 年 5 月第一次印刷

*

定价: 35.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

— 审 定 委 员 会 —

主 编 宋守信 (北京交通大学)

副主编 吴 穹 (沈阳航空航天大学)

委 员 罗 云 (中国地质大学)

蒋军成 (南京工业大学)

钮英建 (首都经济贸易大学)

王述洋 (东北林业大学)

许开立 (东北大学)

— 本 书 编 委 会 —

主 编 田 宏 (沈阳航空航天大学)

副主编 张福群 (沈阳化工大学)

参 编 隋 旭 (辽宁省安全科学研究院)

鲁忠良 (河南理工大学)

侣庆民 (沈阳航空航天大学)

杜晓燕 (安徽工业大学)

吴雅菊 (沈阳航空航天大学)

主 审 秦华礼 (东北大学)

序 言

众所周知，安全是构建和谐社会的基础。安全生产事关人民群众生命和国家财产安全，是保护和发展社会生产力、促进社会和经济持续健康发展的基本条件，是社会文明与进步的重要标志，也是提高国家综合国力和国际声誉的具体体现。在全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化、实现中华民族伟大复兴的进程中，安全生产在国家安全、经济和社会发展中占据越来越重要的地位。安全工程则是指在具体的安全存在领域中，运用的种种安全技术及其系统集成，以及保障人体动态安全的方法、手段、措施。安全工程的实践，为使人们在生产和生活中，生命和健康得到保障，身体及其设备、财产不受到损害，提供直接和间接的保障。安全工程专业是培养适应社会主义市场经济发展的需要，掌握安全科学、安全技术和安全管理的基础理论、基本知识、基本技能，具备一定的从事安全工程方面的设计、研究、检测、评价、监察和管理等工作的基本能力和素质，德、智、体全面发展的高级专业人才。随着现代工业生产规模日趋扩大，生产系统日益复杂，加之高新技术的不断引入，生产过程中涉及的环境、设备、工艺和操作的危险因素变得更加复杂、隐蔽，产生的风险越来越大，事故后果也越来越严重。因此，社会对安全工程专业的要求越来越高，安全工程专业的人才市场需求也越来越大。

安全工程专业的本科教育是我国培养安全工程专业高级人才的重要途径，也是确保安全科学与技术能够蓬勃发展的重要基础。如何培养能适应现代科学技术发展，满足社会需要的安全科学专门人才，是安全工程高等教育的核心问题。为此，教育部和国务院学位委员会对安全工程专业作出了调整，将“安全科学与工程”升级为一级学科，下设“安全科学”、“安全技术”、“安全系统工程”、“安全与应急管理”、“职业安全健康”等5个二级学科。而教育部高教司给出的安全工程（本科）专业的培养目标是“培养能够从事安全技术及工程、安全科学与研究、安全监督与管理、安全健康环境检测与监测、安全设计与生产、安全

教育与培训等方面复合型的高级工程技术人才”。

我国绝大多数高校的安全工程专业都是为适应市场需求而于近些年开设的，其人才培养的硬件、软件和师资等都相对较弱，在安全工程专业课程体系的构成上缺乏共识，各高校共性核心的内容少，而且应用性课程多，理论性课程少；工具性课程多，价值性课程少。课程设置的差异，导致安全工程专业的教材远不能满足本专业教学的需要和学科发展的需要，为此，中国质检出版社根据教育部《“十二五”普通高等教育本科教材建设的基本原则》，组织北京交通大学、中国地质大学、沈阳航空航天大学、南京工业大学、河北科技大学、东北林业大学、西安石油大学等多所相关高校和科研院所中具有丰富安全工程实践和教学经验的专家学者，编写出版了这套以公共安全为方向，既有自身鲜明特色又体现国家和学科自身发展需要的系列教材，以进一步提高安全科学与工程类专业的教学水平，从而培养素质全面、适应性强、有创新能力的安全技术人才。该套教材从当前社会生产的实际需要出发，注重理论与实践相结合，满足了当前我国培养合格安全工程专业人才的迫切需要。相信该套教材的成功出版发行，必将会推动我国安全工程类高等教育教材体系建设的逐步完善和不断发展，对国家新世纪应用型人才培养战略的成功实施起到推波助澜的作用。

教材审定委员会

2014 年 1 月

前言

• FOREWORD •

本书是为了适应新时期经济和社会发展对安全专业人才的需求而编写的。本书的编写参照了近年来国内外安全系统工程的研究成果，补充了编者们在多年的教学和科研中所形成的一些认识。在选材上，尽量遵循“全面系统、重点突出、立足现实、反映前沿”的原则，既包括成熟且被公认的理论及学术思想，又涉及学科领域前沿性与代表性的新理论、新技术和新方法等，力求使本书能够反映安全系统工程的先进理论、理念和方法。

全书共分七章：第一章绪论，由辽宁省安全科学研究院隋旭、河南理工大学鲁忠良编写；第二章系统安全分析，由沈阳航空航天大学侣庆民编写；第三章事件树分析和故障树分析，由沈阳航空航天大学田宏编写；第四章系统安全评价、第五章系统安全预测和决策，由安徽工业大学杜晓燕编写；第六章系统危险控制技术，由沈阳航空航天大学吴雅菊编写；第七章典型事故影响模型与定量计算，由沈阳化工大学张福群、沈阳航空航天大学田宏编写；全部章节均由东北大学秦华礼进行了审阅。

本书的编写得到了很多同事和朋友的关心和指导，在此向他们表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了大量的文献资料。由于篇幅所限，在参考文献中仅列出了主要文献，在此向文献资料原著者们一并表示感谢。

由于编者学识水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者和专家批评指正。

编 者

2014 年 1 月

目 录

• CONTENTS •

第一章 绪 论	1
1.1 安全系统工程基础	1
1.2 安全系统工程的研究对象、内容和理论基础	5
1.3 安全系统工程的起源和发展	9
复习思考题	12
第二章 系统安全分析	13
2.1 系统安全分析概述	13
2.2 安全检查表(SCL)	15
2.3 预先危险性分析(PHA)	29
2.4 故障模式与影响分析(FMEA)	33
2.5 危险与可操作性分析(Hazard and Operability Study, HAZOP)	45
2.6 工作安全分析(Job Safety Analysis, JSA)	57
复习思考题	65
第三章 事件树分析和故障树分析	66
3.1 事件树分析(Event Tree Analysis, ETA)	67
3.2 故障树分析基础	74
3.3 故障树的定性分析	84
3.4 故障树的定量分析	92

复习思考题	97
第四章 系统安全评价	101
4.1 系统安全评价概述	101
4.2 指数评价法	107
4.3 作业条件危险性评价(LEC)	128
4.4 概率风险评价	131
4.5 安全管理评价	132
复习思考题	137
附录 物质系数和特性	138
第五章 系统安全预测和决策	148
5.1 系统安全预测	148
5.2 系统安全决策	158
复习思考题	168
第六章 系统危险控制技术	170
6.1 危险控制的基本原则	170
6.2 本质安全化	175
6.3 安全防护措施	178
6.4 事故应急救援	186
复习思考题	191
第七章 典型事故影响模型与定量计算	193
7.1 泄漏模型	193
7.2 扩散模型	203
7.3 火灾模型	206
7.4 爆炸模型	209
7.5 事故伤害的计算方法	212
复习思考题	219
主要参考文献	220

第一章 绪 论

1.1 安全系统工程基础

目前,关于本教材的名称有两种不同的观点,应该叫“系统安全工程”,还是叫“安全系统工程”,一直存在着争议。

有些学者认为应该叫“系统安全工程”,因为,“系统安全”及其有关的工程与管理技术,在国外已经应用了 40 余年,应用范围日益广泛,其理论及应用技术日趋成熟。“系统安全”及其有关术语在国外有关标准中均有明确的定义。20 世纪 70 年代后期,“系统安全”及其应用技术引入我国,其中一些危险分析方法首先在工业领域得以应用。随着 GJB 900—1990《系统安全性通用大纲》的颁布和实施,“系统安全”在我国军事技术装备及设施研制中也开始应用,人们对“系统安全”一词已相当的熟悉。

对“系统安全工程”还有如下两种观点,一种观点认为“系统安全工程”指的是“系统”的“安全工程”。它的目的在于通过“工程方法”去解决“系统”的“安全”问题,以达到“系统”的安全。另一种观点认为“系统安全工程”是为实现“系统安全”所采用的各种工程技术方法的总称。持这种观点的学者认为:“系统安全”是一种原理或方法论,而不是具体的工程技术方法。实现“系统安全”所采用的工程和管理技术,分别称为“系统安全工程”(System Safety Engineering)和“系统安全管理”(System Safety Management)。

另一些学者认为应该叫“安全系统工程”,认为“安全系统工程”是将系统工程用于安全领域的各个方面,主要包括安全技术和安全管理两个领域,其命名原则是按照钱学森教授在 1980 年 5 月发表的《系统思想和系统工程》一文指出的:“正如工程技术各有专门一样,系统工程也还是一个总类名称,因体系性质不同,还可以再分为门类,如工程体系的系统工程叫工程系统工程,生产企业或企业体系的系统工程叫经济系统工程……”。

从现有相关书籍的内容来看,尽管名称不同,其介绍的内容大体相同。从这个意义上讲,安全系统工程也好,系统安全工程也罢,两者难以严格区分,名称之争可能还要持续一段时间。

1.1.1 系统

系统(System)是指由两个或两个以上相互作用、相互依赖的元素组成的具有特定功能的有机整体。一般来讲,系统应该具备如下几个属性:

(1)集合性。为实现某些特定功能,系统至少要由两个或两个以上的可以相互区别的元素所构成,这些元素必须有机地结合起来形成一个整体,共同实现目标规定的功能。

(2)相关性。系统内各元素之间是相互联系、相互作用的。系统绝不是若干元素的简单堆积,而是互相联系的有机整体。

(3)目的性。要研究的任何系统都是为了达到某一个或某几个目的的。没有目的的系统不属于系统工程的研究对象。自然系统不存在目的,但有功能。目的性只是人工系统和复合



系统所有,而功能是所有系统都有。

(4)有序性。由于系统的结构、功能和层次的动态演变有某种方向性,因而使系统具有有序性的特点。系统的有序性可以表述为,系统是由较低级的子系统组成,而该系统自己又是更大系统的一个子系统。

(5)总体性。系统的整体功能取决于一定结构的系统中各组成元素间的协调关系。系统中元素间的关系,要服从整体要求,元素与系统间也要服从总体要求,使得系统具有不同于各元素的新功能。

(6)环境适应性。任何一个系统都存在于一定的环境之中,系统与包围系统的环境之间,必然有物质、能量和信息的交换。因此,系统必须要适应环境的变化以保持原有的特性。

1.1.2 系统工程

系统工程这个词来源于英文“System Engineering”,它以系统为研究对象。国内外学者对系统工程的含义有过不少阐述,但至今仍无统一的定义。钱学森教授认为:“系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验与使用的科学方法,是一种对所有系统都具有普遍意义的方法”。

1.1.2.1 系统工程的特性

系统工程是一门综合性的工程技术,它是以大型的人工系统和复合系统为对象,创造性地采用系统思想、系统理论、系统技术、系统方法对系统进行分析研究、设计制造和服务,使系统整体尽量达到最佳协调和最满意的优化,以便最充分地发挥人力、物力、财力和潜力。系统工程具有如下的一些特点:

(1)整体性(系统性)。整体性是系统工程最基本的特点。系统工程把所研究的对象看成一个整体系统。这个整体系统又是由若干部分(元素或子系统)的有机结合。所以,系统工程在研究系统时总是基于整体性,从整体与部分之间相互依赖、相互制约的关系中去揭示系统的特征和规律,从整体最优化出发分别实现系统各个组成部分。

(2)关联性(协调性)。用系统工程去分析和处理问题时,不仅要考虑部分与部分之间、部分与整体之间的相互关系,还要认真地协调它们的关系。因为系统各部分之间、各部分与整体之间的相互关系和作用直接影响或者制约了系统整体的性能,协调它们的关系便可提高系统整体的性能。

(3)综合性(交叉性)。系统工程以大型复杂的人工系统和复合系统为研究对象。这些系统涉及的因素很多,涉及的学科领域也极为广泛。因此,系统工程必须综合研究各种因素,综合运用各门学科和技术领域的成果,从整体目标出发使各门学科、各种技术有机地配合,综合运用以达到整体最优化的目的。

(4)满意性(最优化)。系统整体性能的最优化是系统工程所追求并需要达到的最终目的。由于整体性是系统工程最基本的特点,所以,系统工程并不追求构成系统的个别部分最优,而是通过协调系统各部分的关系,使系统整体目标达到最优。

1.1.2.2 系统工程方法论

系统工程的方法论是指系统工程思考问题和处理问题的思想方法、理论基础、基本程序和方法步骤,系统工程方法论的主要特点有:

(1) 强调研究方法上的整体性。系统工程把研究对象作为一个有机整体,同时,还要把研究过程看作一个整体。在系统研制中,要把系统作为若干子系统有机结合成的整体,对每个子系统的技术要求首先从实现系统整体技术的观点来考虑,要以整体协调原则来协调子系统之间、子系统与系统整体之间、系统与其所属更大系统之间的矛盾。将研制过程作为整体,要求整个分析过程按着逻辑关系分解成各工作环节,并分析各个工作环节之间的信息、信息传递路线、反馈关系等,把全部研制过程严密地联结成一个整体。

(2) 强调技术方法应用的综合性。这是由系统工程本身的特点所决定的,它是从系统的总目标出发,恰当合理地综合运用自然科学、工程技术、社会科学中的有关思想、理论和技术方法解决系统问题,并使系统达到整体协调和最优化。

(3) 强调管理工作的科学性。一个复杂大系统的研制有两个并行的过程,一个是工程技术过程;一个是管理控制过程。系统工程的整体性和综合性要求管理工作的科学化与现代化。

霍尔三维结构(Hall three dimensions structure)是美国系统工程专家霍尔(A. D. Hall)在1969年提出的一种系统工程方法论。霍尔三维结构是将系统工程整个活动过程分为前后紧密衔接的7个阶段和7个步骤,同时考虑了为完成这些阶段和步骤所需要的各种专业知识和技能。这样,就形成了由时间维、逻辑维和知识维所组成的三维空间结构,如图1-1所示。三维结构体系形象地描述了系统工程研究的框架,对其中任一阶段和每一个步骤,又可进一步展开,形成了分层次的树状体系。

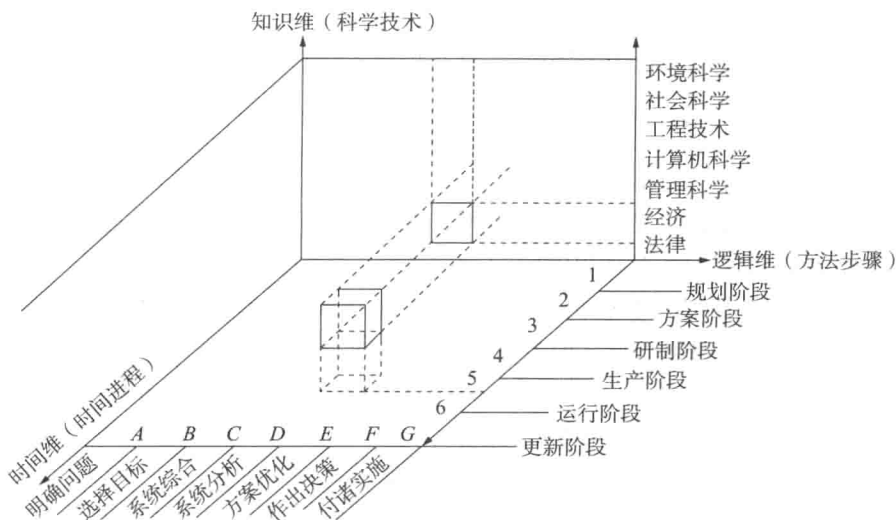


图 1-1 霍尔三维结构

1.1.2.2.1 时间维

三维结构中,时间维表示从规划到更新,按时间顺序排列的系统工程全寿命周期的各个阶段,一般划分为6个阶段。

(1) 规划阶段:对将要开展研究的系统进行调查研究、明确研究目标,在此基础上,提出自己的设计思想和初步方案,制定出系统工程活动的方针、政策和规划。

(2) 方案阶段:根据规划阶段所提出的若干设计思想和初步方案,从社会、经济、技术可行性等方面进行综合分析,提出具体计划方案并选择一个最优方案。



(3) 研制阶段:以计划为行动指南,把人、财、物组成一个有机的整体,使各个环节、各个部门围绕总目标,实现系统的研制方案,并做出生产计划。

(4) 生产阶段:生产或研制开发出系统的零部件(硬、软件)及整个系统。

(5) 运行阶段:把系统安装好,完成系统的运行计划,使系统按预定目标运行。

(6) 更新阶段:完成系统的评价,在现有系统运行的基础上,改进和更新系统,使系统更有效地工作,同时为系统进入下一个研制周期准备条件。

1. 1. 2. 2. 2 逻辑维

三维结构中,逻辑维是指每个阶段所要进行的工作步骤,这是运用系统工程方法进行思考、分析和解决问题时应遵循的一般程序。

逻辑维是指时间维的每一个阶段内所要进行的工作内容和应该遵循的思维程序,包括明确问题、确定目标、系统综合、系统分析、优化、决策、实施 7 个逻辑步骤,这些内容几乎覆盖了系统工程理论方法的各个方面。

(1) 明确问题:尽可能全面地收集资料、了解问题,包括实地考察和测量、调研、需求分析和市场预测等。

(2) 选择目标:对所解决的问题,提出应达到的目标,要制定出衡量是否达标的准则。

(3) 系统综合:搜集并综合达到预期目标的方案,对每一种方案进行必要的说明。

(4) 系统分析:应用系统工程方法技术,将综合得到的各种方案,进行比较、分析。必要时,建立数学模型进行仿真实验或理论计算。

(5) 方案优化:对数学模型给出的结果加以评价,筛选出满足目标要求的最佳方案。

(6) 做出决策:确定最佳方案。

(7) 付诸实施:方案的执行,完成各个阶段的管理工作。

1. 1. 2. 2. 3 知识维

三维结构中的知识维是指在完成上述各种步骤所需要的各种专业知识和管理知识,包括工程技术、经济学、法律、数学、管理科学、环境科学、计算机科学等方面的知识。

运用系统工程知识,把 6 个时间阶段和 7 个逻辑步骤结合起来,便形成所谓霍尔管理矩阵,见表 1-1。矩阵中时间维的每一阶段与逻辑维的每一步骤所对应的点 a_{ij} ($i=1,2,\dots,6;j=1,2,\dots,7$),代表着一项具体的管理活动。矩阵中各项活动相互影响,紧密相关,要从整体上达到最优效果,必须使各阶段步骤的活动反复进行。反复性是霍尔管理矩阵的一个重要特点,它反映了从规划到更新的过程需要控制、调节和决策。

表 1-1 霍尔管理矩阵

时间维(阶段)	逻辑维(步骤)						
	1. 明确问题	2. 选择目标	3. 系统综合	4. 系统分析	5. 方案优化	6. 作出决策	7. 付诸实施
1. 规划阶段	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}
2. 方案阶段	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}
3. 研制阶段	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}	a_{36}	a_{37}
4. 生产阶段	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}	a_{46}	a_{47}
5. 运行阶段	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	a_{55}	a_{56}	a_{57}
6. 更新阶段	a_{61}	a_{62}	a_{63}	a_{64}	a_{65}	a_{66}	a_{67}

1.1.3 安全系统工程

1.1.3.1 有关术语和概念

无论是“安全工程”,还是“系统工程”,在我国应用的时间都还不算长,对有关的概念及术语的解释也不尽相同。下面的一些术语和概念均引自美军标 MIL - STD - 882E《Standard Practice System Safety》。

(1) 危险(hazard)是指系统、产品、设备或操作内在或外在的一种(或一组)潜在的状态,当受到某种激励因素的激发时,危险将会转化成一种以损失告终的现实状态,即事故。

(2) 安全(safety)是指没有引起死亡、伤害、职业病,或使设备、财产的损坏以及破坏环境等条件的一种状态。

(3) 事故(mishap)是指引起死亡、伤害、职业病,或使设备、财产的损坏以及破坏环境等事件或者一系列事件。

(4) 风险(risk)是指事故发生的可能性与事故严重性的组合。

(5) 系统安全(system safety)是指在系统寿命周期的所有阶段,以使用效能、时间、成本等为约束条件,应用工程和管理的原则、规则和技术使系统达到可以接受的风险水平。

(6) 系统安全工程(system safety engineering)是指一门使用特定的知识和技巧应用科学和工程原理、标准以及技术来辨识危险源、消除危险源,当不能消除时尽量减少其风险的工程学科。

(7) 系统安全管理(system safety management)指用于辨识危险源,评估和减少相关风险,以及在设计、研发、测试、采购、使用以及系统、子系统、设备和设施报废处置过程中追踪、控制、接受和记录风险的全部计划和行动。

1.1.3.2 安全系统的概念

按照钱学森教授对环境系统工程的定义,可以把安全系统工程简单定义为保障系统安全的工程技术,即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,使系统安全性达到最佳状态。

1.2 安全系统工程的研究对象、内容和理论基础

1.2.1 安全系统工程的研究对象

人类社会发展的历史,就是一部人、机和环境三大要素相互关联、相互制约、相互促进的历史,如图 1-2 所示。

安全系统工程作为一门工程技术,有其固有的研究对象,那就是人类生产、生活以及科研等活动中的各种人、机和环境系统。无论是一个复杂的生产系统,还是一个简单的设备(汽车、火车、飞机等)都包括 3 个组成部分,即操作人员和管理人员,机器设备、厂房等物质条件,以及所处的环境。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,也即人子系统、机子系统和环境子系统,如图 1-3 所示。

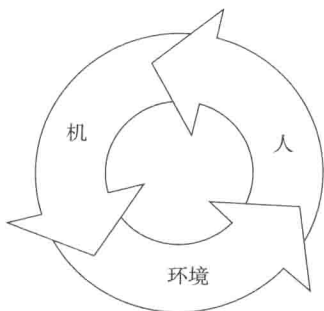


图 1-2 人类社会发展的、人、机和环境的关系

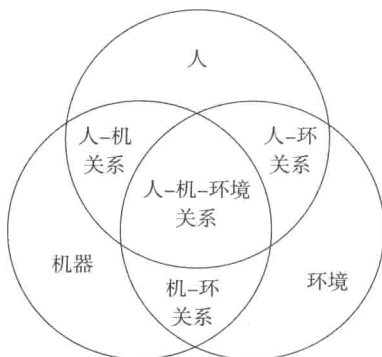


图 1-3 人、机和环境系统示意图

构成“人-机-环境”的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种状态。例如,环境的理化因素会影响机器的寿命、精度甚至损坏机器;机器产生的噪声、振动、高低温、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。

1.2.2 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的工程技术。其主要研究内容有系统安全分析、系统安全评价、系统安全预测和决策、系统危险控制等。

(1) 系统安全分析

利用科学的分析工具和方法,从安全角度预先对系统中存在的危险因素进行分析,主要是分析导致系统故障或事故的各种因素及其相互关系,明确其对系统安全影响程度。目的是要抓住系统的主要危险因素,以便采取安全防护措施,改善系统安全状况。这里所强调的“预先”是指无论系统处于生命周期的哪个阶段,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。

(2) 系统安全评价

系统安全评价通常要以系统安全分析为基础,通过分析,了解和掌握系统存在的危险因素,判断系统发生事故的可能性及其严重程度,从而掌握系统的事故风险大小,并与系统安全目标相比较,从而为制定安全对策和管理决策提供依据。

(3) 系统安全预测和决策

安全预测是通过对系统过去事故资料进行统计分析的基础上,运用预测技术,对安全生产的发展趋势和未来事故变化规律做出合理判断的过程。安全决策是指人们针对特定的安全问题,运用科学的理论和方法,提出各种安全措施方案,经过论证评价,从中选定最优方案并加以实施的过程。

(4) 系统危险控制

系统危险控制分为宏观控制和微观控制两大类。宏观控制是以整个系统作为控制对象,主要采用法制手段,经济手段和教育手段。微观控制是以具体危险源为对象,主要采用工程技术措施和管理措施,随着对象的不同,措施也不同。