



ANQUAN

XITONG

GONGCHENG

# 安全系统工程

袁昌明 张晓冬 章保东 编著



中国计量出版社  
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

图在版编目(CIP)数据



# 安全系统工程

袁昌明 张晓冬 章保东 编著

中国计量出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

安全系统工程/袁昌明,张晓冬,章保东编著. —北京:中国计量出版社,2006.2

ISBN 7-5026-2341-8

I. 安… II. ①袁… ②张… ③章… III. 安全工程:系统工程 IV. X913.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第016086号

## 内 容 提 要

安全系统工程是一门新兴的边缘学科,也是安全科学的重要内容。本书分别论述了安全系统工程的基本概念,事故发生的原理,危险源辨识方法,系统安全分析技术,危险性评价方法及应用,危险源分级控制与管理,固有危险源引起的事故及控制,作业环境危险源引起的事故及控制,人的操作可靠性及其失误控制等内容。

本书可作为大专院校安全工程及相关专业的教材,亦可作为企业安全管理与技术人员,以及生产作业人员的培训教材,还可作为从事安全工程专业的科研人员,职业安全监督、监察与管理人员的参考书。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京密东印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

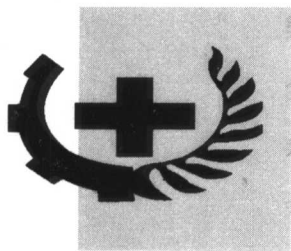
\*

787 mm × 1092 mm 16开本 印张 17.75 字数 388千字

2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

\*

印数 1—3 000 定价:31.00元



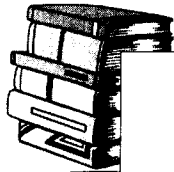
# 前言

## FOREWORD

工业生产过程中往往由于人、机械和环境的不协调而产生不以人们意志为转移的意外事件和事故,不仅给企业造成损失,给职工造成伤害,而且也对社会的稳定带来不良影响。为解决工业生产过程中的安全问题,人们借助许多新的理论与方法,分析生产过程中的危险因素,评价系统的危险性,探讨预防事故的对策,试图控制生产过程中的危险,保证生产过程的安全性。

安全系统工程是一门新兴的边缘学科,也是安全科学的重要内容。安全系统工程是以系统论、信息论、控制论为理论基础,以系统工程、可靠性工程的原理和方法为手段,以安全管理、安全技术、职业健康为载体,对研究对象中的危险性进行辨识、分析、评价与控制,实现安全目标的一门科学技术。

本书分为九章,第一章、第二章、第三章、第四章、第五章和第九章由袁昌明编写,第六章、第七章、第八章分别由张晓冬、章保东、冯桂编写。分别论述了安全系统工程的基本概念,事故发生的原理,危险源辨识方法,系统安全分析技术,危险性评价方法及应用,危险源分级控制与管理,固有危险源引起的事故及控制,作业环境危险源引起的事故及控制,人的操作可靠性及其失误控制等内容。本书将几种火灾爆炸危险指数评价方法列入附录中,以供读者参考。



# 安全系统工程

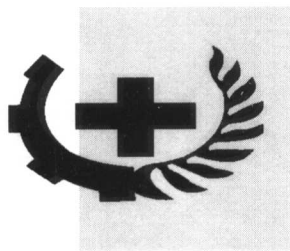
本书力求内容丰富、语言简洁、层次清晰、通俗易懂,注重理论联系实际,强调实用性和可操作性。本书可作为大专院校安全工程及相关专业学生的选用教材,亦可作为企业安全管理与技术人员,以及生产作业人员的培训教材,还可作为从事安全工程专业的科研人员,职业安全监督、监察与管理人士的参考书。

本书由中国计量学院袁昌明教授、浙江省劳动保护科学研究所张晓冬高级工程师、章保东高级工程师编著。在成书和出版过程中,得到了中国计量学院、浙江省劳动保护科学研究所、中国计量出版社等单位的大力支持;中国计量学院研究生吴海鸿、孙伟东参与了大量的文字输入工作;本书部分章节还参阅了参考文献中所列的许多著作和文献,在此一并表示感谢。

由于作者学识水平有限,书中的缺点、错误和不足之处在所难免,敬请广大读者和专家批评指正。

编者

2006年2月



# 目 录

# CONTENTS

## 第一章 概 论

### 第一节 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 / 3

### 第二节 安全系统工程的概念 / 6

#### 一、安全系统工程的定义 / 6

#### 二、安全系统工程的研究对象 / 7

#### 三、安全系统工程的任务与实施步骤 / 8

#### 四、安全系统工程的研究内容 / 8

### 第三节 安全系统工程的产生与发展 / 9

## 第二章 事故发生原理

### 第一节 能量与危险源 / 12

#### 一、生产与事故 / 12

#### 二、事故是能量逸散失控的结果 / 13

#### 三、能量逸散失控造成伤害的形式与过程 / 15

#### 四、能量逸散构成伤害程度的影响因素 / 16

#### 五、能量与危险源 / 16

### 第二节 能量逸散失控的原因 / 17

#### 一、能量逸散的原因分析 / 17

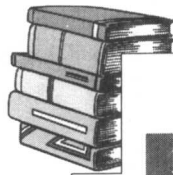
#### 二、触发因素与事故隐患 / 18

#### 三、危险源与事故隐患 / 18

### 第三节 事故发生原理 / 18

#### 一、事故隐患的形成 / 18

#### 二、事故因果连锁关系 / 19



# 安全系统工程

## 第三章 危险源辨识

### 第一节 危险源辨识的概念 / 21

- 一、危险源辨识的概念 / 21
- 二、危险源辨识的内容和程序 / 22

### 第二节 危险源辨识途径 / 23

- 一、危险单元的划分 / 23
- 二、危险源的类型 / 24
- 三、危险源辨识途径 / 26
- 四、危险、有害因素辨识方法 / 27
- 五、危险、有害因素的识别内容 / 27
- 六、危险源辨识举例 / 29

### 第三节 工业中常见的危险源辨识 / 30

- 一、按系统中能量存在点识别危险源 / 30
- 二、从伤亡事故识别危险源 / 31
- 三、引起重大事故的危险源物质限量 / 32
- 四、按物质、能量和环境识别危险源 / 33
- 五、主要危险单元及有毒有害因素举例 / 34

### 第四节 重大危险源辨识 / 35

- 一、重大危险源的概念 / 35
- 二、重大危险源的辨识标准及方法 / 36

## 第四章 危险性分析方法

### 第一节 系统安全分析方法 / 45

- 一、危险预知活动 / 45
- 二、鱼刺图分析法 / 47
- 三、安全检查表 / 48
- 四、故障类型影响分析 / 55
- 五、预先危险分析 / 63
- 六、危险与可操作性研究 / 65
- 七、事件树分析 / 68

### 第二节 事故树分析 / 70

- 一、事故树分析及其步骤 / 70
- 二、事故树符号及其意义 / 70
- 三、事故树的作图 / 72



- 四、布尔代数化简事故树 / 73
- 五、最小割集和最小径集及其求法 / 75
- 六、基本事件的结构重要度分析 / 79
- 七、概率重要度与临界重要分析 / 82

## 第五章 危险性评价

### 第一节 危险性评价的基本概念 / 84

- 一、危险性评价 / 84
- 二、危险性评价的原则与评价要素 / 87
- 三、国内外危险评价的研究与发展 / 89
- 四、危险性评价的程序 / 90
- 五、危险性评价的分类 / 91

### 第二节 危险、有害因素分类和评价单元的划分 / 94

- 一、危险、有害因素的分类 / 94
- 二、评价单元划分 / 96

### 第三节 危险性定性评价 / 97

- 一、机械工厂危险度评价 / 97
- 二、机械工厂安全性评价 / 101
- 三、优良可劣评价法 / 111
- 四、作业危险度评价法 / 116
- 五、隧道工程危险性评价 / 118

### 第四节 定量安全评价 / 119

- 一、风险率评价法 / 119
- 二、系统动力学评价数学模型 / 124
- 三、火灾爆炸危险指数评价法 / 124

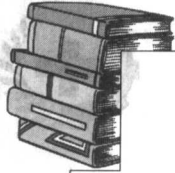
### 第五节 综合评价法 / 125

- 一、日本劳动省化工厂安全评价六阶段综合评价 / 125
- 二、金属矿山井下开采生产过程危险性综合评价法 / 127

### 第六节 重大危险源评价 / 137

- 一、评价单元的划分 / 137
- 二、评价模型的层次结构 / 137
- 三、数学模型 / 137
- 四、危险物质事故易发性  $B_{III}$  的评价 / 138
- 五、工艺过程事故易发性  $B_{II2}$  的评价及工艺——物质危险性相关系数的确定 / 138





# 安全系统工程

六、事故严重度评价 / 139

七、危险性抵消因子 / 140

八、危险性分级与危险控制程度分级 / 140

## 第七节 安全评价报告 / 141

一、安全预评价报告 / 141

二、安全验收评价报告 / 142

三、安全现状评价报告 / 145

## 第六章 危险源分级、控制与管理

### 第一节 危险源分级 / 147

一、按危险源转化为事故可能性大小划分危险等级 / 147

二、按事故危险程度划分危险源等级 / 147

三、我国国家标准或行业标准规定的一些危险源等级 / 148

### 第二节 危险源控制 / 148

一、固有危险源控制 / 148

二、人为危险源的控制措施 / 151

### 第三节 危险源管理 / 152

一、危险源管理的基本原则 / 152

二、危险源确认与建档 / 152

三、危险源管理制度 / 153

四、按处理能力对危险源进行分级管理 / 153

### 第四节 重大危险源监控 / 154

一、重大危险源监控系统 / 154

二、重大危险源实时监控预警机制 / 156

## 第七章 固有危险源引起的事故及其控制

### 第一节 机械能引起的事故及控制 / 160

一、机械能引起的事故 / 160

二、势能所引起的事故及控制 / 160

三、动能引起的事故控制 / 162

### 第二节 化学能引起的事故及控制 / 165

一、化学能引起的伤害 / 165

二、化学能引起的事故及控制 / 165

三、爆炸事故的控制 / 167



### 第三节 电能引起事故及控制 / 170

- 一、电能引起的事故 / 170
- 二、电能引起的火灾 / 171
- 三、电能引起的触电事故 / 171
- 四、防止人体触电的措施 / 172
- 五、电能引火源引起的爆炸事故及控制 / 173

### 第四节 热能引起的事故及控制 / 174

- 一、由热能引起的事故 / 174
- 二、由高温物体引起伤害的控制 / 175
- 三、引火物和可燃物的控制 / 175

### 第五节 锅炉事故的控制 / 176

- 一、锅炉事故及其原因 / 176
- 二、锅炉事故的控制 / 177

### 第六节 放射性危险性的防护 / 179

- 一、放射性危害及防护 / 179
- 二、辐射危害及防护 / 180
- 三、电离辐射危害及防护 / 180

## 第八章 作业环境危险源及控制

### 第一节 事故与作业环境 / 182

- 一、作业环境中的能量来源 / 182
- 二、事故与作业环境的关系 / 182

### 第二节 操作现场机械设备的配置 / 183

### 第三节 事故与温度、湿度的关系 / 183

- 一、温度、湿度对事故的影响 / 183
- 二、感觉温度 / 185
- 三、车间作业地点夏季空气质量要求 / 185

### 第四节 采光和照明 / 186

### 第五节 噪声的影响 / 186

- 一、噪声的影响和容许值 / 186
- 二、噪声的控制 / 188

### 第六节 有害气体、蒸汽和粉尘 / 189

- 一、有害气体、蒸汽和粉尘的影响 / 189
- 二、有害气体、蒸汽和粉尘的控制 / 189



# 安全系统工程

## 第九章 人的操作可靠性及其失误的控制

### 第一节 可靠性的基本概念 / 192

- 一、可靠性及可靠度 / 192
- 二、可靠度与不可靠度 / 193
- 三、故障率与维修度 / 195
- 四、系统的寿命过程 / 196
- 五、系统的有效度 / 197
- 六、故障率曲线 / 197

### 第二节 人的操作可靠度 / 198

- 一、人的操作可靠度的计算公式 / 198
- 二、按人的行动过程确定人的操作可靠度 / 199
- 三、人体差错率预测法确定作业工序的可靠度 / 201
- 四、按人的意识水平确定人体可靠度 / 205
- 五、电子装置操作可靠度的确定 / 205

### 第三节 人机系统的可靠度 / 206

- 一、机器的可靠度计算 / 206
- 二、人机系统的可靠度 / 210
- 三、人机系统的可靠度计算 / 210
- 四、人机系统的可靠性设计 / 216

### 第四节 人的失误及控制 / 220

- 一、人失误的表现 / 220
- 二、人失误的影响因素 / 222
- 三、人失误的控制 / 224

### 附录一 最小割集和最小径集的计算机求解 / 227

### 附录二 危险指数评价法 / 237

### 参考文献 / 271



# 第一章

## 概 论

安全系统工程是一门新兴的边缘学科,也是安全科学的重要内容。安全系统工程是以系统论、信息论、控制论为理论基础,以系统工程、可靠性工程的原理和方法为手段,以安全管理、安全技术、职业健康为载体,对研究对象中的危险性进行辨识、分析、评价与控制,实现安全目标的一门科学技术。本书将从安全系统工程的基本概念出发;论述危险源辨识与系统安全分析的原理和方法;研究危险评价与危险控制的基本理论、方法与实践。

### 第一节 系统工程的基本概念

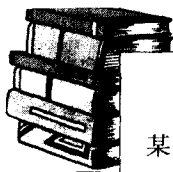
#### 一、系统的概念

系统概念源于人类长期的社会实践。古代人对很多事物只能看到一些局部或表面现象,而不能纵观整体。随着科学技术的进步,人们对事物的认识逐步从局部联系,了解事物的整体,从表面现象,了解事物的实质,以此形成了科学的系统概念。马克思、恩格斯的辩证唯物主义认为,物质是由无数相互联系、相互依赖、相互作用的事物和过程所形成的统一体,这就是系统概念的实质。系统思想是进行分析与综合的辩证思维工具,它从辩证唯物主义那里取得了哲学的表达形式,又从运筹学、控制论等学科中获得了丰富的理论与内容。

##### 1. 系 统

系统有多种解释,一般系统论的创始人奥地利的贝塔朗非指出:“系统的定义可以确定为处于一定的相互关系中,并与环境发生关系的各组成部分的总体。”我国科学家钱学森对系统的定义为:“把极其复杂的研究对象称为‘系统’,即由相互作用和互相依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体,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。”

根据上述定义,我们可知,系统是一个广义的概念,它可以大到宇宙天体,小到分子原子;它可以是某一工程系统,也可以是某一组织系统或某一理论体系等等。系统是由两个以上的相互作用和联系的部分组成;而组成的整体具有完成某一功能的能力;系统是处在一定的环境中的有机体。在安全工程中,我们可以把某一事故、某一装置、某一岗位和作业环境,



# 安全系统工程

某一管理体系等都可以看成一个系统,对其危险性进行辨识、分析、评价和控制。

## 2. 系统的特性

系统一般具有以下特性。

(1)整体性 系统是由两个或两个以上可以相互区别的要素有机结合起来的整体。整体性根本点在于系统具有各组成部分自身所没有的整体性能。整体的性质和规律只存在于组成它的各要素相互作用、相互联系中。如事故是由人们的不安全行为,物的不安全状态,环境的不安全条件和管理失误相互作用造成的。因此,我们从整体出发,可以调整和协调各要素之间的关系,局部服从整体,以整体效果最优为目的。

(2)相关性 系统各要素之间是有机联系、相互作用和相互制约的,某一要素的变化会影响另一些要素的变化。如人的不安全行为可以造成物的不安全状态和环境的不安全条件,也是管理不善的表现。反之,物和环境的不安全因素也可引起人的不安全行为,增加管理难度。总之,组成要素之间是相互依赖不可分割的。

(3)目的性 系统通常都具有某种特定的目的,完成某一项功能。如某一除尘系统是为了改善作业环境、保障作业人员健康为目的的。

(4)环境适应性 任何系统都处在一定的物质环境中,并与外界环境发生物质、能量和信息交换。系统必须适应外界环境的变化,并与之保持最佳适应状态。如对事故的控制要适应经济、技术、教育和管理水平的条件,从经济上合理、技术上可行等方面考虑控制事故的方法。

## 3. 系统的分类

系统可以从不同角度分为许多种,按系统的属性可以把系统分为以下几类。

(1)自然系统 由自然物质形成的系统,如太阳系、生态系统、海洋、矿藏等。

(2)人造系统 由人类设计和改造的系统,包括由人们从加工自然物中获得的工程系统,如工具、设备、机器和由一定的制度、组织、程序构成的社会系统及科学体系等系统,如经济管理、行政管理、安全管理系统、社会系统等。

(3)复合系统 由人造系统和自然系统相结合的系统,也称人一机系统。如交通控制、航空导航、气象预报、生产、人机、环境、材料系统和安全系统等。

## 4. 系统的描述

根据以上分析,我们可以用框图描述系统及过程,如图 1-1 所示。

由图 1-1 可以看出,系统是具有输入和输出的有机整体,其过程是输入能量物质信息,在系统内进行处理,输出新的能量、物质和信息,并利用反馈对系统进行有效控制,这个过程处在一定的环境中,并与环境进行物质、能量、信息交换。如安全系统输入安全教育、安全管理、安全技术等。经过系统内部协调处理,输出结果为安全管理水平、事故率、损失等。而这一过程受环境条件的制约,其输出的结果有一反馈通道,以控制系统的输入,得到较理想的输出。我们可以用输入与输出的函数关系来表达系统的数学模型:

$$Y=f(X_1,X_2,X_3,\cdots,X_n,M)$$

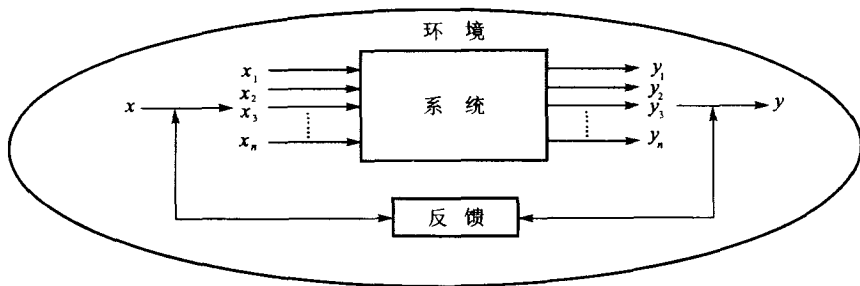


图 1-1 系统的描述

根据此模型,得方程组:

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, m_1)$$

$$y_2 = f_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, m_2)$$

.....

$$y_n = f_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, m_n)$$

从以上可知,只有调整、协调输入  $x_i$  之间的关系,考虑环境因素  $m_i$  的影响,并予以控制和改善,才能得到理想的输出结果。

## 二、系统工程的概念

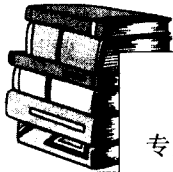
### 1. 工程

在阐述系统工程的概念之前,我们先介绍一下工程的含义。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。如机械工程、水电工程、环境工程、安全工程等,又如管理工程、系统工程、人机工程等。前者为实体工程,即所谓“造物学”学问的狭义工程概念。后者为软体工程,即所谓“过程”学问的“广义”工程概念。但无论是“狭义”的工程,还是“广义”的工程,都是指为完成某一特定目标,应用科学知识对系统进行改造、更新、创造的过程。

### 2. 系统工程

系统工程是在发展中的一门边缘学科,许多理论和实践还不够完善,人们对其认识也尚不统一,有关系统工程的定义通常这样解释:系统工程是对系统进行合理规划、研究、设计和运行管理的思想、步骤、组织和技巧等的总称,它是以实现系统最优化为目的的一门基础科学。从这一定义我们可以看出,系统工程是属于工程技术,但主要是组织管理的技术,是解决工程活动全过程的工程技术,是对系统进行优化的技术。它不解决工程技术中具体的过程技术问题。所以,人们经常称系统工程为“软科学”,它是一门综合性组织管理的技术和方法,犹如乐队指挥或戏剧导演。

关于系统工程各子学科的命名问题,著名科学家钱学森先生指出:“正如工程技术各有



# 安全系统工程

专业一样,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,……”这种命名原则为系统工程在各专门领域的应用和发展提供了基础条件。

另外系统工程是一门基础学科,就像哲学一样,其理论与方法适应于任何系统的优化,只要是符合系统定义的任何事物,都可以用系统工程的思想和方法去处理和解决问题,这就是系统工程作为基础科学的广泛适应性。

在系统工程学中,有人把对系统的分析、综合、模拟和最优化等称为“狭义”的系统工程。把对系统进行合理的研制、设计、运用等项工作采取的思想、程序、组织、方法等内容称为“广义”的系统工程,但两者的共同目的都是使系统最优化。

## 3. 系统工程的理论基础

系统工程是一门边缘科学,涉及很多学科,但究其理论基础,大致可以分为两类:共同理论基础和分支理论基础。

共同理论基础是奠定和发展系统工程理论和方法的专业知识。如运筹学、控制论、信息论、计算科学等,其发展为系统工程提供了理论和方法,对系统分析、综合、优化、控制提供了可靠理论依据和手段。

系统工程的分支理论基础是系统工程实践中所需的专业知识。它是系统工程应用到某一特定领域时所需的特殊理论基础。如安全系统工程,是系统工程在安全领域中的应用,应用时,必须以安全工程为其理论基础,才能解决生产过程中的安全问题,并使之达到最优化状态。

## 4. 系统工程方法论

系统工程思考问题和处理问题的步骤、思维过程和方法一般叫做系统工程的方法论。系统工程具有自己独特的工作程序和方法。目前,一般采用美国学者霍尔 1969 年提出的系统工程“三维结构体系”作为系统工程方法论的基础。“三维结构体系”是由逻辑维、时间维和知识维组成的三维空间结构,如图 1-2 所示。它为系统工程提供了一个立体思维方法。

(1)逻辑维是解决问题的思维过程,是系统开发时所经历的工作程序体系。一般把这一过程分为 7 个步骤。

- ① 摆明问题 收集有关信息,摆出问题,并说明问题的症结所在;
- ② 指标设计 确定解决问题的目标及评价标准;
- ③ 系统综合 拟订达到目标可能采取的各种策略和方案,并对其做出必要的评价与说明;
- ④ 系统分析 建立模型,并对其综合研究,对各方案进行比较,为最优化打下基础;
- ⑤ 最优化 在系统分析的基础上,选定各个策略参数,使之最优化地满足评价标准;
- ⑥ 决策 对各种方案进行分析比较,选择其中最优化方案,做出决策;
- ⑦ 实施计划 组织实施已定的决策方案。

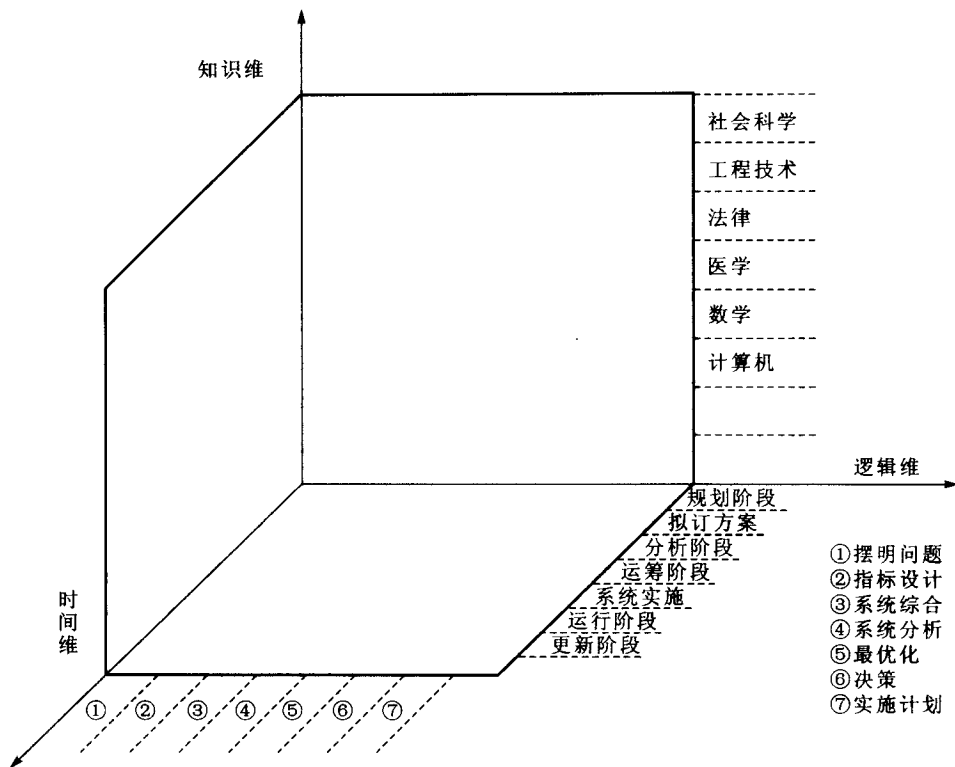


图 1-2 三维结构体系

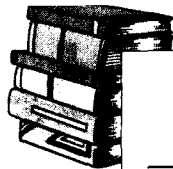
(2) 时间维是系统从计划到使用、更新的全过程按时间顺序分工的工作阶段, 一般分为 7 个阶段:

- ① 规划阶段 系统开发目标和计划阶段;
- ② 拟定方案 制定或设计系统开发的方法;
- ③ 分析阶段 为实现方案进行研究;
- ④ 运筹阶段 通过具体计算、分析, 对方案进行技术、经济比较;
- ⑤ 系统实施 对确定的方案进行实施;
- ⑥ 运行阶段 将系统处于运转状态(工作状态);
- ⑦ 更新阶段 对系统中存在的问题进行改善, 或系统经过长时间运行后, 进行更新改造。

(3) 知识维是在系统分析、综合、优化、实施等过程中所需要的基础和专业知识, 除系统工程的理论基础外, 还需要用到社会科学、法律、医学、人机工程学等。

从以上分析可以看出, 系统工程方法论即把研究对象作为一个整体, 又把每个研究过程看作一个整体, 如时间维中规划阶段需采用逻辑的思考过程, 从整个时间阶段来看也需采用逻辑维的步骤, 这就是系统工程方法论的基本指导思想。将上述 7 个逻辑步骤和 7 个时间工作阶段归纳起来, 就可以构成系统工程的活动矩阵, 如表 1-1 所示。





# 安全系统工程

表 1-1 系统工程的活动矩阵

| 时 间 维 |      | 逻 辑 维    |          |          |          |          |          |          |
|-------|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|       |      | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        |
|       |      | 摆明问题     | 指标设计     | 系统综合     | 系统分析     | 最优化      | 决策       | 实施计划     |
| 1     | 规划阶段 | $a_{11}$ | $a_{12}$ | $a_{13}$ | $a_{14}$ | $a_{15}$ | $a_{16}$ | $a_{17}$ |
| 2     | 拟订方案 | $a_{21}$ | $a_{22}$ | $a_{23}$ | $a_{24}$ | $a_{25}$ | $a_{26}$ | $a_{27}$ |
| 3     | 分析阶段 | $a_{31}$ | $a_{32}$ | $a_{33}$ | $a_{34}$ | $a_{35}$ | $a_{36}$ | $a_{37}$ |
| 4     | 运筹阶段 | $a_{41}$ | $a_{42}$ | $a_{43}$ | $a_{44}$ | $a_{45}$ | $a_{46}$ | $a_{47}$ |
| 5     | 系统实施 | $a_{51}$ | $a_{52}$ | $a_{53}$ | $a_{54}$ | $a_{55}$ | $a_{56}$ | $a_{57}$ |
| 6     | 运行阶段 | $a_{61}$ | $a_{62}$ | $a_{63}$ | $a_{64}$ | $a_{65}$ | $a_{66}$ | $a_{67}$ |
| 7     | 更新阶段 | $a_{71}$ | $a_{72}$ | $a_{73}$ | $a_{74}$ | $a_{75}$ | $a_{76}$ | $a_{77}$ |

## 5. 系统工程的发展和应用

系统思想虽然在古代已形成,但作为一门学科,直到 20 世纪 50 年代才形成,60 年代以后,由于技术的进步和电子计算机的迅速发展,促进了系统工程的广泛应用,70 年代以来,系统工程的应用已远远超出了传统工程的概念,从工程系统进入到技术系统和社会系统,例如,印度的“城市规划”、墨西哥的“农业系统工程”、前苏联的“国民经济计划自动化估算系统”等都采用了系统工程的方法和手段。

我国应用系统工程时间虽然不长,但已受到普遍的重视和欢迎。在全面质量管理,计划评审技术,库存管理,价值工程等方面的应用都取得了显著效果,在生态、区域、能源规划和人口控制、教育系统,以及各类工程系统也得到了较好的应用。

## 第二节 安全系统工程的概念

### 一、安全系统工程的定义

#### 1. 安全(Safety)

安全解释为:“安全条件;安全、保险装置;免除损害,伤害或损失”。从职业安全与安全工程学的角度来看,安全可以定义为:消除能导致人员伤害、疾病、死亡或引起设备财产的破坏和损失,以及危害环境的条件。

#### 2. 安全系统(Safety System)

有了安全和系统的概念,我们不难给安全系统下定义:安全系统是以人为中心,包括安全工程、卫生工程技术、安全管理、人机工程等部分组成,以消除伤害、疾病、损失,实现安全生产为目的的有机整体,它是生产系统的一个重要组成部分。

从以上定义可以看出,安全系统具有以下特点: