



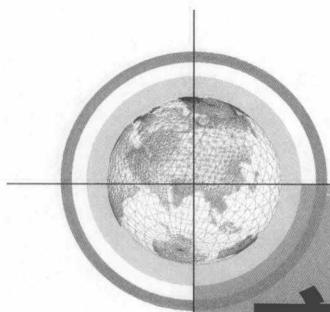
主 编 胡毅亭 陈网桦 卫延安
主 审 刘荣海 彭金华

安全系统工程

ANQUAN XITONG GONGCHENG



南京大学出版社



主 编 胡毅亭 陈网桦 卫延安
主 审 刘荣海 彭金华

安全系统工程

ANQUAN XITONG GONGCHENG



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

安全系统工程 / 胡毅亭, 陈网桦, 卫延安主编. —南京:
南京大学出版社, 2009. 12

ISBN 978-7-305-06591-0

I. 安… II. ①胡…②陈…③卫… III. 安全工程:
系统工程 IV. X913.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 219422 号

出版者 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出版人 左 健
书 名 安全系统工程
主 编 胡毅亭 陈网桦 卫延安
责任编辑 蔡文彬 编辑热线 025-83686531
照 排 南京南琳图文制作有限公司
印 刷 南京人文印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 427 千
版 次 2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-06591-0
定 价 33.00 元
发行热线 025-83594756
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

前言

安全生产是人类生存与发展的永恒主题。自从人类学会使用火和工具,火灾和意外伤害事故就与人类文明的发展如影随行。伴随着人类走过原始社会、农业社会、工业社会而步入信息社会,生产力水平得到了巨大提升,对安全的认识也经历了不断深入的过程并逐渐形成了安全科学。

人类很久前就开始认识安全,例如我国东汉政治家荀况在总结军事和政治方法论时,就曾总结出:“先其未然谓之防,发而止之谓其救,行而责之谓之戒,防为上,救次之,戒为下。”这一归纳不失为安全生产的精辟总结。随着生产力水平的提高,特别是工业革命后机器大生产日益广泛地替代手工劳动,一个巨大的负面效应开始作用于人类自身,这就是工业事故层出不穷,造成巨大的人员伤亡和财产损失。面临这种情况,安全工作者开始探索事故发生的本质和预防与控制生产生活中风险的方法,这些因素促进了安全科学与系统科学的交叉与结合,逐步形成了安全科学中的一个重要分支——安全系统工程。

经过近几十年的不断探索和实践,安全系统工程已经从局部的实用技术发展到有自身理论体系的学科方向,也是安全工程专业学生和安全工程人员必须了解和掌握的一门重要课程。据此,作者结合近年来的教学和工作实践,编写了本《安全系统工程》教材。

本教材以系统工程方法论,特别是 A. D. Hill 的三维方法论中逻辑维的相关内容为主线,系统介绍了安全系统工程中的基本原理和方法。阐述了系统工程方法论、价值权衡方法,系统建模,系统分析,系统预测,系统综合与评价,系统决策等。其中,结合目前我国正蓬勃发展的安全评价工作,比较详细地介绍了危险辨识、事故后果估算、系统安全定性定量分析方法等内容。

全书共分 10 章,由刘荣海教授,彭金华教授主审。全书力图尽量包含安全系统工程涉及的主要内容,以便使学生学完后,对安全系统工程有一个整体性的认识。并力求通俗易懂,便于掌握。

在本书的编写过程中,参阅了大量有关资料,在此对原作者表示最真挚的谢意。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免出现疏漏和错误,敬请各位读者不吝赐教。

编者

2009 年 9 月

目 录

1 绪 论	1
1.1 系统科学	1
1.1.1 系统思想的发展历程	1
1.1.2 系统的定义	3
1.1.3 系统的特性和分类	3
1.1.4 系统工程概述	5
1.2 安全科学的产生和发展	11
1.2.1 原始阶段	11
1.2.2 近代安全科学技术阶段	11
1.2.3 现代安全科学技术发展	13
1.2.4 安全系统工程的发展	14
1.2.5 现代安全科学认识观念的进步	15
1.2.6 现代安全科学技术体系	15
1.2.7 安全科学中的几个常用名词	16
1.3 安全系统工程简介	16
1.3.1 安全系统工程的研究内容	16
1.3.2 安全系统工程的特点和优点	17
2 系统工程方法论	18
2.1 系统科学方法论的产生和发展	18
2.1.1 古代方法论	18
2.1.2 近代科学方法论	18
2.1.3 现代系统科学方法论	19
2.1.4 现代系统科学方法论的特征和基本原则	19
2.2 系统工程方法论	21
2.2.1 系统工程的一般方法	21
2.2.2 霍耳三维结构	21
2.2.3 三阶段法	23
2.2.4 “调查学习”模型	24
2.2.5 并行工程法	24
2.2.6 物理-事理-人理系统方法	25

2.2.7 综合集成系统方法	26
2.2.8 螺旋式推进系统方法	26
2.2.9 安全控制工程	28
3 系统目标和价值权衡	32
3.1 系统目标和一些定义	32
3.2 目标树	32
3.2.1 目标树(Objective Tree)的概念	32
3.2.2 建造目标树的原则	33
3.2.3 目标树建造方法	33
3.3 目标间的价值权衡	33
3.3.1 价值权衡的本质	33
3.3.2 两两比较法	34
3.3.3 两种计算权重系数的近似法	35
3.3.4 一致性检验	36
3.4 关于权重系数的几点说明	37
4 系统模型	38
4.1 系统模型的定义和特征	38
4.1.1 模型的定义	38
4.1.2 模型的特征	38
4.2 系统建模的必要性、目的及其分类	39
4.2.1 系统建模的必要性和重要性	39
4.2.2 系统建模的目的	40
4.2.3 系统建模的分类	40
4.2.4 数学模型的优点	40
4.3 系统建模的方法	40
4.3.1 对系统模型的要求	41
4.3.2 系统建模遵循的原则	41
4.3.3 系统建模的主要方法	42
4.4 系统结构模型和邻接矩阵	42
4.4.1 网络图的类型的一些概念	42
4.4.2 邻接矩阵和可达矩阵	43
4.4.3 实例	45
4.4.4 最短通路	47
4.5 聚类分析法	48
4.5.1 原始数据的处理	48

4.5.2 定义聚类标准	49
4.5.3 以相似系数为标准的聚类过程	50
4.6 模糊结构模型	51
4.6.1 不分明逻辑简史	51
4.6.2 模糊关系和模糊矩阵	51
4.6.3 模糊聚类分析	53
4.6.4 举 例	54
4.6.5 模糊聚类与逐步聚类的差别	55
5 定性系统安全分析方法	56
5.1 预先危险性分析(Preliminary Hazard Analysis, PHA)	56
5.1.1 PHA 的分析内容和主要优点	56
5.1.2 分析步骤及应注意的事项	57
5.1.3 预先危险性分析举例	58
5.2 危险性辨识	59
5.2.1 危险和有害因素的定义	59
5.2.2 危险、有害因素产生的原因	59
5.2.3 危险有害因素分类	60
5.2.4 危险、有害因素的辨识方法	66
5.2.5 危险有害因素辨识应遵循的原则	66
5.2.6 重大危险源辨识	67
5.3 安全检查表(Safety Check List, SCL)	72
5.3.1 定 义	72
5.3.2 内涵和特点	72
5.3.3 编制依据和种类	72
5.3.4 安全检查表举例	73
5.4 人的可靠性分析	75
5.4.1 人失误的分析	76
5.4.2 影响人失误的主要原因	76
5.4.3 防止人失误的主要措施	77
5.5 故障模式及影响分析	77
5.5.1 基本概念	77
5.5.2 FMEA 的步骤	78
5.5.3 FMEA 的特点	78
5.5.4 FMEA 的常用格式	78
5.6 危险可操作性研究	80
5.6.1 概 述	80

5.6.2	偏差确定方法	81
5.6.3	影响 HAZOP 成功与否的条件	82
5.6.4	分析工作程序	82
5.6.5	HAZOP 分析举例	83
5.7	事件树分析	84
5.7.1	ETA 的基本原理	84
5.7.2	ETA 的基本程序	85
5.7.3	ETA 举例	85
5.8	LEC 法	86
5.9	因果分析图法(鱼刺图法)	87
5.9.1	事故的因果关系及顺序五因素	88
5.9.2	因果分析图法的概念及图形绘制	88
5.9.3	应用实例	89
6	定量和综合系统安全分析方法	91
6.1	事故树分析(Failure Tree Analysis, FTA)	91
6.1.1	事故树的建造方法	91
6.1.2	事故树分析基础	92
6.1.3	事故树的数学描述	93
6.1.4	事故树的定性分析	94
6.1.5	事故树定量分析	98
6.1.6	结构重要度分析	102
6.1.7	概率重要度分析	104
6.1.8	临界重要度分析	105
6.2	管理失效和风险树分析(MORT)	105
6.2.1	MORT 分析的一般概念	105
6.2.2	MORT 的分析过程	106
6.2.3	MORT 的结构	106
6.3	化工厂危险程度分级	108
6.3.1	评价程序	108
6.3.2	各项系数选取原则	109
6.4	火灾爆炸指数法	120
6.4.1	目的	120
6.4.2	Dow 化法的演变	120
6.4.3	火灾爆炸指数法的基本特点	122
6.4.4	火灾爆炸指数法的实施	123
6.5	Mond 法	136

6.5.1	Mond 评价的基本程序	136
6.5.2	Mond 法评价的步骤	136
6.6	日本劳动省化工厂安全评价六阶段法	142
6.6.1	评价程序	142
6.6.2	实 施	142
6.7	适合于火炸药及其制品危险源评估的 BZA-1 法	146
6.7.1	概 述	146
6.7.2	BZA-1 法基本思路	147
6.7.3	BZA-1 法计算模型	148
6.8	改进的火炸药及其制品危险源评估方法 BZA-2 法简介	155
6.8.1	综合感度特征值的计算	155
6.8.2	工艺过程危险系数的计算	157
6.8.3	改进的 K 计算方法	162
6.9	概率危险评价	163
6.9.1	评价步骤	163
6.9.2	应用分析	163
6.9.3	应用实例	163
7	事故后果模拟分析	166
7.1	概 述	166
7.2	泄 漏	166
7.2.1	物质泄漏分析	166
7.2.2	泄漏量的计算	166
7.3	火灾事故的典型模型	168
7.3.1	池 火	168
7.3.2	喷射火	170
7.3.3	火 球	170
7.3.4	固体火灾	171
7.3.5	沸腾液体扩展为蒸汽爆炸	171
7.3.6	火灾损失	172
7.4	典型爆炸事故模型	173
7.4.1	物理爆炸	173
7.4.2	凝聚相含能材料爆炸伤害模型	175
7.5	毒物泄漏扩散模型	179
7.5.1	描述毒物泄漏后果的概率函数法	179
7.5.2	有毒液化气体容器破裂时的毒害区	180
7.5.3	有毒介质喷射泄漏时的毒害区	181

7.5.4 有毒介质泄漏扩散模型	182
7.5.5 模拟案例	184
8 系统预测	194
8.1 概 述	194
8.1.1 系统预测的概念和本质	194
8.1.2 系统预测方法分类	194
8.1.3 系统预测的一般步骤	195
8.2 时间序列分析	195
8.2.1 时间序列的概念	195
8.2.2 时间序列的特征	195
8.2.3 时间序列特征的识别	196
8.3 时间序列的算法——平滑预测法	197
8.3.1 移动平均法	197
8.3.2 指数平滑法	197
8.3.3 多次指数平滑	198
8.3.4 对 α 的讨论	199
8.3.5 预测值的评价	199
8.4 回归分析	200
8.4.1 线性回归模型	200
8.4.2 一元线性回归	200
8.4.3 用一元线性回归模型进行预测	203
8.5 马尔可夫预测	205
8.5.1 马尔可夫预测原理	205
8.5.2 应用实例	208
8.6 灰色预测法	210
8.6.1 灰色预测建模方法	210
8.6.2 预测模型的后验差检验	211
9 系统评价	214
9.1 系统评价概述	214
9.1.1 系统评价的定义	214
9.1.2 系统评价的特性	214
9.1.3 系统评价的基本要素	216
9.1.4 系统评价与系统决策	216
9.1.5 系统评价应遵循的原则	217
9.1.6 系统评价的步骤	217

9.2 评价指标体系的建立	217
9.2.1 评价指标体系的组成	217
9.2.2 指标体系制订中的几个关系	218
9.2.3 建立评价指标体系的原则	219
9.3 评价指标数量化方法	219
9.3.1 打分法	220
9.3.2 两两比较法	220
9.4 评价指标综合的主要方法	220
9.4.1 加权平均法	220
9.4.2 理想系数法	221
9.5 层次分析法(AHP法)	222
9.5.1 层次分析法的基本原理和步骤	222
9.5.2 应用实例	223
9.6 模糊综合评价	227
9.7 现行安全评价简介	228
9.7.1 概 述	228
9.7.2 安全评价的定义	230
9.7.3 安全评价的目的、意义和作用	230
9.7.4 安全评价的原则	231
9.7.5 安全评价原理	232
9.7.6 安全评价的内容	235
9.7.7 安全评价的依据	236
9.7.8 安全评价的类型	238
9.7.9 安全评价的步骤	240
10 系统决策	242
10.1 决策分析概述	242
10.1.1 决策分析的概念	242
10.1.2 决策分析的发展	242
10.1.3 决策分析的特征	243
10.1.4 决策分析的基本要素	243
10.1.5 决策的分类	244
10.1.6 决策分析的基本原则	244
10.1.7 决策过程	245
10.2 决策函数	245
10.2.1 收益函数	245
10.2.2 损失函数	246

10.2.3 效用函数	246
10.2.4 决策函数	246
10.3 决策分析的表示方法	246
10.3.1 矩阵表示法	246
10.3.2 决策树法	247
10.4 单目标决策分析方法	247
10.4.1 确定型决策	247
10.4.2 风险型决策	248
10.4.3 不确定型决策分析	248
10.5 多目标决策	248
10.5.1 多目标决策问题	249
10.5.2 多属性决策问题	250
10.6 一些说明	250
附 录	251
附录1 物质系数和特性	251
附录2 π 定理说明	260
参考文献	261

1 绪 论

安全系统工程是 20 世纪 60 年代后迅速发展起来的一门新兴学科。它以复杂系统为主要研究对象,以系统工程方法为基础,系统研究、解决生产过程中的安全问题。从安全系统工程的产生和发展看,它涉及到了系统科学、系统工程技术和安全科学技术的发展,为了更深入地了解其内涵,不妨回顾一下其历程。

1.1 系统科学

1.1.1 系统思想的发展历程

系统思想是在两千多年来人类的社会实践和科学总结过程中逐步形成和发展起来的。从时间上看,系统思想是系统工程之父;从地位上讲,系统思想对系统工程的发展起着向导性的作用。回顾系统思想形成和发展的过程,对我们认识系统思想,理解其内涵颇具指导意义。

早在公元前五六百年,古希腊的哲学家们就探索了系统的基本思想,认识到世界是一个系统,由一些基本要素组成,并认识到整体和部分的辩证关系。

唯物主义哲学家德谟克利特(Democritus)论述了“宇宙大系统”,他认为世界是由原子和虚空组成的,原子组成万物,形成不同的系统和有层次的世界。

古希腊伟大学者亚里士多德(Aristoteles)被系统论的创始人贝塔朗菲(Van Bertalanffy)视为系统思想的始祖。他的“整体大于它的各个部分的总和”是基本系统问题的一种表述,已被学界公认。他提出了整体性、目的性、组织性的观点,同时描述了事物相互间不同关系的思想。

中国古代朴素的系统思想早在公元前一千多年就已形成。“易经”把世界看成是一个由基本要素组成的系统整体,以代表天地的乾坤二卦作为起始形成“八卦”,而后八卦重叠形成“六十四卦”,从而形成了概括天地间万事万物的世界体系,同时把世界看成是一个由基本矛盾关系所规定的层次系统,是一个动态的循环演化的整体。

公元前五百多年,以我国古代著名思想家老子为创始人的道家对系统提出了精辟的看法,他们认为道是事物之本原,又是事物的法则。天、地、人都是道的产物,具有统一性。道家的系统思想,尤其是关于系统自发自组织思想,受到国际上系统科学家的重视。当代著名系统科学家普利高津(Prigogine)认为,庄子提出的问题至今依然存在,他说:“我们正是站在一个新的综合、新的自然观的起点上,也许我们最终有可能把强调定量描述的西方传统和着眼于自发自组织世界的中国传统结合起来。”

最能代表中国古代系统思想的是“阴阳五行”学说。最早阐述五行观的著作是《尚书·洪范》,它比古希腊提出水是万物始基的观点早了几个世纪。最初,显然把火、水、雷、泽、风、山作为世界的基本构成,这种观点后来因八卦的演绎而变得复杂化了。阴阳和五行各有来

源,在春秋时代,二者开始相互渗透、融合,自殷商至周,这种理性思维的系统化、抽象化趋势更加明显。《周易》的出现,将自然万物的本原归结为天、地、火、水、雷、泽、风、山八种基本元素,朴素的系统思想自八卦中产生了。阴阳是中国古代哲学的一对范畴,阴阳的对立和消长是宇宙的基本规律,其内容包括了阴阳对立、阴阳互根、阴阳消长和阴阳转化。五行则是木、火、土、金、水五种物质的运动,在这五种物质之间,存在着既相互滋生又相互制约的关系,在不断的相生相克运动中维持动态的平衡。

15 世纪下半叶开始,近代科学兴起,数学、力学、天文学、物理学、化学、生物学等学科逐渐从混为一体的自然哲学中分离出来,获得了迅猛发展,但由于人们认知上的局限性,阻碍了人们从了解部分到了解整体,从分析细节到分析普遍联系的道路。19 世纪,自然科学取得了一系列重大成果,特别是能量守恒、细胞学说和进化论等理论的发现和建立,使人类对自然过程的相互联系的认识大为提高,此时辩证唯物主义体现的物质世界普遍联系及其整体性思想,就是系统思想。

20 世纪初,由于伴随工业革命的人类生产力的巨大发展,出现了许多大型、复杂的工程技术和社会经济等问题,它们均以系统的面貌出现,均要求从整体上加以优化解决。由于这一巨大社会需求的推动,系统科学应运而生。

从 20 世纪初开始,系统科学得到广泛研究,到 40~60 年代,先后出现了多个系统科学理论,其中有代表性的有:

- ① Bertalanffy 提出的一般系统论;
- ② 运筹学(Operational research);
- ③ 维纳(N. weiner)提出的控制论(Cybernetics);
- ④ 信息学(Informatics、Information Science);
- ⑤ 系统工程、系统分析、管理科学等众多学科。

值得一提的是 Bertalanffy 提出的一般系统论,在这一理论创建以前,系统思想只是一些零散的思维碎片,Bertalanffy 在 1924~1928 年间多次发表文章阐述系统思想,1932 年发表《理论生物学》,1934 年又出版了《现代发展理论》,进一步论述了整体性原则。1937 年,他提出了一般系统论原理。1945 年发表《关于一般系统论》,1950 年发表《物理学和生物学中的开放系统理论》,1968 年出版专著《一般系统论》。他的思想几经波折,直到二战以后才逐步得到承认,系统论作为一门新学科才得以建立。

到 20 世纪 70~80 年代,系统科学进一步发展,出现了以自组织理论为标志的一些主要成果。

- ① 1969 年,比利时物理化学家普利高津(I. Prigogine)提出了耗散结构理论(dissipative structure theory);
- ② 1969 年,德国物理学家哈肯(H. Haken)提出了协同学(synergetics)。通过这两个人的努力,发展出了系统自组织理论;
- ③ 1972 年,托姆(R. Thom)发表了《结构稳定性与形态发生学》;
- ④ 1979 年,艾根(M. Eigen)吸收了进化论和自组织理论,发表了超循环理论(hypercycle theory)。

20 世纪 80 年代后,非线性(Nonlinear Science)和复杂性研究(Complexity Study)兴起并推动了系统科学的进一步发展。

我国系统科学的研究从推广应用运筹学开始,始于1955年,而后逐步推广。当代中国的系统思想除了从现代系统科学中汲取丰富的营养外,还得益于马克思注意系统思想和中国传统系统思想的影响。经过多年的探索,我国系统思想不仅对许多系统哲学问题进行了广泛深入的研究,取得了大量成果,其初步构建了系统哲学的理论框架,形成了具有中国特色的系统哲学理论体系。其中比较有代表性的有乌杰创建的系统辩证论,1993年黎德扬、叶齐茂出版的《系统哲学——综合时代的综合哲学》,1995年魏宏森、曾国屏出版的《系统论——系统科学哲学》。我国钱学森、于景元、戴汝为等在1990年提出开放复杂巨系统的概念,提出了“从定性到定量综合集成方法论”。可见,系统科学的发展在我国方兴未艾。

1.1.2 系统的定义

系统(System)一词来自拉丁文中的“Systema”,一般认为是“群”、“集合”的意思。系统定义很多,可归纳为如下几种:

① Webster大辞典:有组织的或被组织化的整体,是形成集合整体的各种概念、原理的综合,是以有规律的相互作用或相互依存形式结合起来的对象的集合;

② Bertalanffy:相互作用诸要素的复合体;

③ 美. R. L 阿柯夫(R. L. Ackoff):系统是由两个或两个以上相互联系的任何种类的要素所构成的集合;

④ 日本 JIS 标准:许多组成要素保持有机的秩序向同一目的行动的集合体;

⑤ 前苏联大百科全书:一些相互关联与联系之下的要素组成的集合,形成了一定的整体性和统一性;

⑥ 我国钱学森对系统的定义:极其复杂的研制对象,即由相互作用和相互依赖的若干组成部分组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隶属的一个更大系统的组成部分;

⑦ 美国国家研究理事会在《美国科学教育标准》中对系统的定义:自然界和人工界是复杂的,它们过于庞大、过于复杂,不可能一下研究和领会。为了便于调查、研究,科学家和学生要学会定义一些小的部分进行研究,研究的单位称“系统”,系统是相关物体或构成整体的各个部分的有组织集合。

综上所述,系统可描述为:具有一定功能的,由许多相互间具有有机联系的要素或构成部分组成的集体。

1.1.3 系统的特性和分类

1.1.3.1 系统的特征

系统的特征归纳起来有如下几个方面。

(1) 整体性

如系统的定义,系统是由相互依赖的若干部分组成,各部分之间存在着有机的联系,构成一个综合的整体,以实现一定的功能,这表现为系统具有集合性,即整体性。

(2) 相关性(关联性)

系统各组成部分(子系统)之间按一定方式相互联系、相互依赖、相互制约和相互作用的性质称为系统的相关性(关联性),它揭示了系统整体的特征和整体与部分的关系。

图中(3)目的性和功能

中大多数系统的活动或行为可以完成一定的功能,但并非所有系统均如此,如银河系、太阳系或某些生物系统,目前难以找到其特定的功能。人造系统或复合系统往往是根据系统的目的来设定其功能的,这类系统也是系统科学研究的主要对象。

(4) 环境适应性

一个系统和包围该系统的环境之间通常都有物质、能量和信息的交换,外界环境的变化会引起系统特征的改变,相应地会引起系统内部各部分间相互关系和功能的变化。为了保持和恢复系统原有特征,系统必须具有环境适应性。

(5) 动态性

物质和运动是密不可分的,各种物质的特征形态、结构、功能及其规律性均是通过运动表现出来的。要认识物质首先要研究物质的运动,一般而言,系统的发展是一个有方向性的动态过程。

(6) 有序性(结构性)

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。一般系统论的一个重要成果就是把生物和生命现象的有序性和目的性同系统的结构稳定性联系起来。注意,有结构不一定有序,只有经过组织(或自组织)的系统才能形成有序的结构。

1.1.3.2 系统的分类

系统科学涉及面广,研究内容繁杂,可简单按如下方式进行分类。

(1) 按单一标志分类

- ① 按组成部分的属性可将系统分为自然系统、人造系统和复合系统;
- ② 按与环境的关系可分为封闭系统和开放系统;
- ③ 按所处的状态可分为静态系统和动态系统;
- ④ 按形态可分为实体系统和概念系统;
- ⑤ 按系统规模可分为小型、中型、大型和超大型系统;
- ⑥ 按变量间的关系可分为线性系统和非线性系统;
- ⑦ 按系统处理方法可分为简单系统和复杂系统。

(2) 综合分类

综合分类是按研究目的将某些分类标志加以组合形成组合分类标志,并据此对系统进行分类的方法,如大型开放系统、复杂巨系统等。

1.1.3.3 系统学原理

系统学是系统科学的基础理论学科,为系统工程提供理论依据。作为系统学原理,可归纳如下几条。

(1) 整体性原理

现代科学技术的发展,使科学研究的对象和人们对它的认识发生了很大变化,有机的整体取代了被分割的部分,以前认为最基本的部分,如今被视为一个可分的由各个部分组成的有机整体,微观世界呈现出来的整体结构与客观世界出乎意料的相似。客观世界的整体性是系统学整体性原理的来源和依据。

(2) 相关性原理

系统学的相关性原理,是辩证法的普遍联系观点的具体体现和实际应用。科学技术发展的全部成就,证明了普遍联系观点的真理性,质量和能量的相互转化及其守恒定律,揭示了各种物质的状态及其运动状态之间的普遍联系。世界上一切事物、现象和过程之间的联系是客观存在的,一种事物离开了它和它周围条件的相互联系和相互作用,就成为不可理解和毫无意义的东西,即事物总是处在某种系统之中,也即处于某种联系之中。

(3) 有序性原理

凡是系统都是有序的。系统的有序性,是系统有机联系的反映。稳定的联系构成的结构,保障了系统的有序性,本质的联系,形成了系统发展和变化的规律。

(4) 动态性原理

动态是指状态与时间的相关性,动态性原理是研究系统元素间的联系随时间变化的规律。现代科学研究的对象大都是结构复杂和高度活动的系统,系统学中的动态性原理就是适应这种客观需要而产生的。系统发展变化的动力,来自系统内部对立面的斗争和统一,即内在矛盾。自然界的变化,主要是由于自然界内部矛盾的发展变化。

(5) 分解综合原理

分解是将具有比较密切结合关系的要素分组化。对系统来说,分解就是分析出相对独立、层次不同的子系统。综合则是完成新系统的设计过程,即选择具有性能好、适用性强以及标准化了的子系统,设计出它们之间的关系,形成具有更广泛价值和特定功能的系统,以达到预期的目的。系统的分解和综合是系统学的重要原理之一,要设计出新的系统,必须分析已有的系统,已有的系统又是前人分析的系统的综合。

(6) 创造思维原理

创造思维的基本原理有两条:一是把陌生的事物看作熟悉的东西,用已有的知识加以辨别和解决;二是把熟悉的事物看作陌生的东西,用新的方法和原理加以研究,创造出新的理论、技术和方法。

(7) 验证性原理

人类的生产活动是最基本的实践活动,是决定其它一切活动的基础。实践是检验真理的唯一标准。人类对于事物的认识,主要依赖于人类社会的生产活动,只有人们的实践,也就是验证,才是人们对于客观世界认识的真理性标准。一般来说,在处理系统问题时,不能用数学方法描述时,总是先提出假设,通过试验对可能出现的故障进行分析判断,为执行者提供数据进行核实和检验。

(8) 反馈原理

反馈是输入的信息和资源经过处理后,将结果再送回输入状态并对新输入信息和资源产生影响的过程。反馈使事物本身与周围环境处于动态的统一之中。

1.1.4 系统工程概述

1.1.4.1 系统工程的产生和发展

作为一门独立学科,系统工程是20世纪60年代兴起的,但其方法可追溯到远古时代,我们从历史长河中可摸索到系统工程应用的痕迹。在古代系统思想的引导下,系统工程方法得到了广泛的应用。