



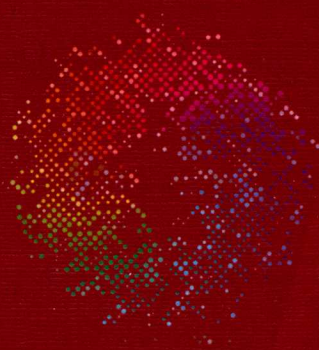
“十三五”国家重点出版物出版规划项目

SAFETY SCIENCE AND  
ENGINEERING

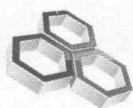
# 安全科学原理

PRINCIPLES OF SAFETY & SECURITY SCIENCE

◎ 吴超  
编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



“十三五”国家重点出版物出版规划项目

SAFETY SCIENCE AND  
ENGINEERING

# 安全科学原理

Principles of Safety & Security Science

◎ 吴超 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



安全科学原理是安全科学与工程学科的核心基础理论,本书主要介绍通用层面的安全科学原理。全书共10章,包括:绪论、安全哲学原理、事故预防原理、风险管理原理、安全模型原理、安全人因科学原理、安全自然科学原理、安全技术科学原理、安全社会科学原理、安全系统科学原理。

本书内容系统,题材新颖,可作为安全科学与工程类专业的本科生和研究生教材,也可供注册安全工程师、安全管理工作者和安全科学理论研究者等阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

安全科学原理/吴超编著. —北京:机械工业出版社,2018.9

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-111-60941-4

I. ①安… II. ①吴… III. ①安全科学-高等学校-教材 IV. ①X9

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第215151号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:冷彬 责任编辑:冷彬 舒宜 臧程程 商红云

责任校对:高亚苗 封面设计:张静

责任印制:孙炜

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2018年11月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.75印张·515千字

标准书号:ISBN 978-7-111-60941-4

定价:49.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

# 前 言

一门学科之所以能够建立，离不开该学科自身的理论体系的支撑。随着安全的内涵和外延不断拓展以及大安全体系的建立，多年前主要针对安全生产所提炼的一些安全科学原理，已经远远不能满足解释和解决当今诸多安全问题的需要；此外，在以前的安全学原理或安全原理的著作中，所介绍的有关安全科学原理，在内容的广度和深度以及层次、逻辑、结构和体系等方面存在很多不足。一方面，尽管在2009年11月新修订实施的《学科分类与代码》中的“安全科学技术”一级学科包含了11个二级学科和50多个三级学科，2011年2月，安全科学与工程成为中国研究生教育目录的一级学科，2012年新修订的教育部本科专业目录中设立了安全科学与工程类专业，但安全学科的许多基础理论分支仍缺乏具体的内容，适宜作为安全科学与工程类专业本科生和研究生使用的安全科学原理教材仍有待开发；另一方面，愿意投身于安全科学理论研究和安全学科建设研究的科技工作者非常少。

针对安全科学原理中亟待研究解决的关键问题和不足之处，本书作者近十年来带领20多名研究生致力于安全科学原理的研究并取得了显著进展，先后撰写发表了70多篇有关安全科学原理基础研究的学术论文。在此基础上，作者认为很有必要尽快撰写一本能够补充现有安全学原理之不足的新教材，以供高等院校安全科学与工程类专业的广大师生和安全科技工作者使用。

安全科学学是以安全科学为主要研究对象，研究认识安全科学的内涵、外延、属性、特征、社会功能、结构体系、运动发展以及促进安全学科分支创建和应用等的一般原理、原则和方法的一门学科。借助安全科学学，可以从安全一体化的视野认识安全科学研究中一些重要的基本问题并梳理安全科学原理的结构体系。在安全科学学思想的指导下，作者经过较长时间的反复思考，系统地梳理了安全科学原理的各层次内容及其关系，才构建出本书的安全科学原理框架体系。

从学科层次分，安全科学原理有安全哲学原理、一般安全原理和具体安全原理三个层次。如果将安全哲学原理和一般安全原理统称为通用安全科学原理，则通用安全科学原理的内容是比较有限的，而具体的安全原理的内容却是无限的，例如所有的安全技术及工程均包含大量的具体安全原理，而这些具体安全原理是不可能在一本书中全部囊括进来的，而且这些具体安全原理更应该放到相应的安全技术及工程著作之中。本书主要介绍的是通用层面的安全科学原理，也可以说是科学层面的安全科学原理或理论层面的安全科学原理。

作者在编排《安全科学原理》各章的顺序时，先介绍核心安全科学原理（或称为第



一层次安全科学原理),再介绍非核心安全科学原理(或称为第二层次安全科学原理)。核心安全科学原理包括:安全哲学原理、事故预防原理、风险管理原理、安全模型原理;非核心安全科学原理包括:安全人因科学原理、安全自然科学原理、安全技术科学原理、安全社会科学原理和安全系统科学原理。这里说的“核心”与“非核心”不是对重要性而言的,仅仅是一种分类而已。本书的特色如下:

(1) 本书从安全一体化(口语化表达即安全界熟悉的“大安全”)的大视野和全新的视角来编写,纳入的安全科学原理大都是通用的安全科学原理,即科学层面的安全科学原理。

(2) 尽管本书没有分篇,但其内容实际上可分为三篇:第1章是安全科学原理绪论,可归为第一篇,这一篇是已有的安全学原理类著作中所缺少的内容;第2~5章为核心安全科学原理,可归为第二篇,这一篇中的许多理论安全模型也是以往安全学原理类著作中没有的;第6~10章为非核心安全科学原理,这一篇基本是全新的内容。

(3) 在介绍安全科学原理时,本书尽量考虑并按照安全原理的类型和层级关系编排,例如介绍安全人因科学原理、安全自然科学原理、安全技术科学原理、安全社会科学原理、安全系统科学原理这五类安全科学原理时,基本上按照原理的层级来编排。

(4) 本书对每条安全原理都按照定义、内涵、功能、应用价值和实例的顺序进行深入论述,内容清晰、层次分明、便于学习,克服了现有安全学原理著作中在层次、逻辑、结构和体系等方面存在的不足。

(5) 本书十分注重安全科学原理的基本概念、理论、方法(“三基”),运用“三基”去分析、认识安全领域的各种科学问题和规律,有利于开展安全科学的研究和实践。

(6) 本书每章都精心提出了一些思考题,这些思考题源于书本,有些又高于书本,可以提升学习者对书本中的安全科学原理的分析能力,并启发学习者开展安全科学原理的创新研究。

(7) 本书目录中用“\*”号标注的章节,可作为安全科学与工程类专业的研究生的学习内容,对本科生可不做要求。

本书吸收了作者与多名研究生:黄浪、王秉、贾楠、欧阳秋梅、杨冕、阳富强、雷海霞、谢优贤、游波、李顺、石东平、高开欣、方胜明、刘冰玉、张建、张丹、张文强、张一行、周欢、谭洪强、石扬等合作撰写的数十篇论文的相关内容,同时还参考了书中参考文献所列论著的一些相关内容。黄浪协助了3.4~3.7节的编写,王秉协助了2.3、5.2、5.4、9.1、9.3.2节的编写,在此对他们表示衷心感谢。另外,本书一些内容研究及其出版得到了国家自然科学基金重点项目(编号51534008)的资助,在此也特表感谢。

由于作者学术水平有限且时间较紧,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请大家批评指正。

吴超

# 本书导读

在开始学习本书之前，请各位读者了解作者的几点学习提示：

(1) 建议先阅读本书的前言和第1章有关安全科学原理的分类内容，这样有助于增进对整体安全科学原理知识体系的把握和理解本书各章内容的安排和层次。

(2) 由于本书篇幅的限制，作者几乎没有罗列什么案例，教师 and 同学在使用本教材时，建议多理论联系实际，这样才能更加深刻理解有关安全科学原理的意义。

(3) 在学习每一类安全科学原理时，建议具体联系该安全原理被提出的时代背景和具体场景，这样有利于有效地利用所学的安全原理和对其优缺点做出正确的评价。

(4) 由于社会发展的不平衡和人们所处的生活与生产场所的不同，所有安全科学原理均不存在绝对的好坏之分，也不存在新的比旧的更好之说。在应用中选用安全科学原理时，合适的就是最好的，即安全科学原理的应用只有相对优化。

(5) 由于安全科学原理是在不断发展和丰富的，教师 and 同学在阅读某一条安全科学原理时要有举一反三的思维，以便使安全科学原理能得到灵活应用，甚至读者能创建出新的安全科学原理。

(6) 无论是从理论到实践再上升到理论再应用到实践，还是从实践到理论再应用到实践再到新的理论，都是一个循环提升的过程，安全科学原理的学习过程是一个螺旋上升的过程。因此，学习安全科学原理的方法可以是多种多样的。读者如果先有应用层面的安全专业知识，则有利于理解安全科学原理并将已有的应用层面的安全专业知识提升到一个新的高度；读者如果没有应用层面安全专业知识的储备，一开始就先学习安全科学原理，则学完以后还不可能完全掌握安全科学原理的奥秘，但也有助于学习者在学习时将应用层面的安全专业知识归纳和提升到通用性的程度，具有举一反三的能力。所以，“安全科学原理”课程的教学安排在各高校不尽相同。但对于安全科学与工程类专业大学本科的学生，总的来说还是要先学完一两门安全专业课后再来学习安全科学原理才比较合适，比如学习完机电安全知识、系统安全工程知识等；而对于安全科学与工程类专业的研究生来说，就没有知识顺序和预备知识的要求了。

“安全科学原理”是一门抽象的安全基础理论课程，学习该课程自然是比较困难和需要花工夫的，但当学完和掌握以后，学习者的安全思想和理论水平将会达到一个较高的境界。

祝大家学习愉快！



## 前 言

## 本书导读

第 1 章	绪论 .....	1
1.1	安全与安全原理 .....	1
1.2*	安全原理研究的方法论 .....	6
1.3	安全原理研究现状与展望 .....	12
1.4	本书介绍的安全原理界定及说明 .....	18
	本章思考题 .....	19
第 2 章	安全哲学原理 .....	20
2.1	安全的认识论 .....	21
2.2	安全观的塑造论 .....	24
2.3	安全的认同论 .....	30
2.4	安全的思维论 .....	38
	本章思考题 .....	43
第 3 章	事故预防原理 .....	44
3.1	人因失误理论和模型 .....	44
3.2	事故因果连锁理论和模型 .....	49
3.3	动态与变化的事故致因理论和模型 .....	57
3.4	能量转移的事故致因理论 .....	60
3.5*	能量流系统致灾与防灾模型 .....	62
3.6*	信息流事故致因模型 .....	66
3.7*	重大事故的复杂链式演化模型 .....	74
	本章思考题 .....	79
第 4 章	风险管理原理 .....	80
4.1	风险概述 .....	80
4.2	风险管理的基本原则 .....	86
4.3	风险管理原理及其体系 .....	89
4.4	风险管理原理的应用方法 .....	96
	本章思考题 .....	105

第5章	安全模型原理 .....	106
5.1	广义安全模型 .....	106
5.2	行为安全管理元模型 .....	111
5.3	安全信息认知通用模型 .....	118
5.4*	安全信息与行为的系统安全模型 .....	125
5.5	安全教育信息传播模型 .....	134
	本章思考题 .....	141
第6章	安全人因科学原理 .....	142
6.1	安全人性原理 .....	142
6.2	安全人体学原理 .....	152
6.3	安全生理学原理 .....	155
6.4	安全心理学原理 .....	160
	本章思考题 .....	164
第7章	安全自然科学原理 .....	165
7.1	安全多样性原理 .....	165
7.2*	安全容量原理 .....	172
7.3	灾害物理原理 .....	178
7.4*	灾害化学原理 .....	182
7.5*	安全毒理学原理 .....	186
	本章思考题 .....	191
第8章	安全技术科学原理 .....	192
8.1	安全物质原理 .....	192
8.2	本质安全原理 .....	202
8.3	安全工程原理 .....	208
8.4	安全环境控制原理 .....	212
8.5*	安全大数据原理 .....	217
	本章思考题 .....	221
第9章	安全社会科学原理 .....	222
9.1	安全文化原理 .....	222
9.2	安全教育原理 .....	230
9.3	安全经济学原理 .....	234
9.4	安全法律法规原理 .....	240
9.5	安全伦理道德原理 .....	243
	本章思考题 .....	246
第10章	安全系统科学原理 .....	247
10.1	安全人机系统原理 .....	247
10.2	安全系统管理原理 .....	252
10.3*	系统信息安全原理 .....	257



10.4 企业安全管理信息系统原理 .....	261
10.5* 安全系统和谐原理 .....	263
10.6* 安全运筹学原理 .....	268
10.7 安全系统工程原理 .....	276
本章思考题 .....	285
参考文献 .....	286

# 1

## 第1章 绪论

### 【本章导读】

每门学科都有其特定的基础科学原理。对于成熟的学科，其科学原理通常都基本形成了。安全学科是一门新兴的大交叉综合学科，安全科学原理形成与否关系到安全学科能否被承认为一门拥有自己基础理论的独立学科。因为目前安全科学原理还没有完全形成体系和得到充实，国际上对安全学科是否为一门独立科学甚至仍然存在着争议。

安全科学原理是安全活动或工作必须遵循的基本规律和原则，是基于经验或理论归纳得出的安全事物发展变化的客观规律。安全科学原理被安全实践和事实证明，反映安全事物在一定条件下发展变化的客观规律，是人类安全活动的基本法则或方法论。安全科学原理是普适性的安全科学理论。

安全科学原理为安全科学发展和安全活动提供理论支持和方向引导，对安全科技工作实践具有指导性。安全科学原理一般具有多个层次的功能和作用，既可用于解释生产生活中的事故致因，又可用于概括事故灾难规律；既可用于指导预防事故灾难，又可用于确保人的安全健康等。安全科学原理是安全学科的理论支柱，是安全科学理论的核心，是安全科学创新的基因，是安全科学发展的灵魂，是事故预防与控制的钥匙，是构筑安全系统的指南。

## 1 安全与安全原理

### 1.1.1 安全的科学定义

定义是对一种事物的本质特征或一个概念的内涵和外延的确切而简要的说明。学科的元定义（元定义即是最基本和最核心的定义）可揭示其学科本质，彰显其学科核心，演绎其学科体系，意义十分重大。定义在不同学科中的重要性并非一样，定义的唯一性越高，其重要性越强。安全学



科属于大交叉综合学科，安全科学研究者可基于不同视角阐释同一定义，导致安全学科里的定义的唯一性不高，给出统一定义的难度极大。学界至今仍未明确“安全”的定义，且争议颇多。若本书首先不明确给出“安全”的定义，则之后讨论安全科学原理将缺乏根基。因此，下面的“安全”定义极为重要。

多年来，国内外研究者对“安全”下了较多定义，对其梳理，可以概括成两个层面：①社会层面的安全定义。②生活生产层面的安全定义。无论是从社会层面还是生活生产层面提出的“安全”定义，它们共同的缺点是不能看出安全概念的核心是人，内容缺少心理安全或心理伤害的特征，不能体现科学性和普适性，因此这些定义无法演绎出更多的外延乃至整个安全学科体系。

我国安全界的前辈之一刘潜给出的安全定义，比较具有科学性和普适性。刘潜将安全定义为：“安全是人的身心免受外界因素危害的存在状态（或称健康状况）及其保障条件。”该定义的特征显著，能够表达安全的内涵并有可能演绎出安全的外延及安全学科体系。在刘潜的“安全”定义基础上，本书对其修改和诠释。

### 1. 安全的定义及其内涵

吴超和杨冕等把刘潜的定义修改为：“安全是指一定时空内理性人的身心免受外界危害的状态（Safety is an existence condition that rational person's body and mind are not harmed by external factors in a certain time and space）。”该“安全”定义的内涵包括：

(1) 对时间和空间进行了限定。不同场景、不同时期、不同地区、不同国家等对安全状态的认同度有很大的差异，没有时空的限定谈安全将会产生混乱。在“安全”定义中加入“一定时空”，表明安全是随时空的迁移而变化的。

(2) 强调安全以人为本。定义中用“理性人”表达了安全是以绝大多数正常人为本，如果安全是以少数非正常人为本，那就失去了安全的大众意义。由此也可以推出，个别非正常人和正常人在非理性状态时，均不属于本安全定义中所指的“理性人”。另外，定义中没有将物质与人并列，是基于物质是在人之下的东西，即任何有形和无形的物质均是在人的安全之下的。

(3) 指出人受到的危害是来自“外界”的，这一点把安全与人自身的生老病死区别开来，人自身的生老病死不是安全科学的范畴，而是医学和生命科学等学科领域，这一点也把安全科学与医学和生命科学区别开来。若一个人完全没有受到外界危害而自认为很不安全，这类人肯定属于非正常人或是精神病人。

(4) 指出人受到外界因素的危害可分为三大类：一是身体受到危害，对身体的伤害一般与人的距离较近，而且是较短时间的，身体的伤害痊愈后，还可以留下心理创伤；二是心理受到危害，对心理的伤害可以与人的距离很远，而且可能是长期连续的伤害；三是受到两种危害的同时作用或交互作用。由此推出，仅仅注意到人的身体危害是不科学的，心理危害有时更加突出。

(5) 有价值的物质损失必然是人不希望看到的，物质损失对人的危害可归属为对人心理的伤害和生理的伤害，该定义间接反映了物质损失的危害情况。有价值的非物质文化损失和精神摧残等同样是对人的一种巨大伤害，理应归属于对人心理的伤害，在该安全定义中也可以表达出来。

(6) “外界”是指人-物-环、社会、制度、文化、生物、自然灾害、恐怖活动等各种有形无形的事物，因此本安全定义可以涵盖大安全的范畴；同时也表达了人的安全一定是与外界因素联系在一起，不能孤立地谈安全。由此可以推出，安全实际上一定存在于一个系统之中，讨论安全需要以系统为背景，需要具有系统观。

(7) “人的身心免受外界危害”自然包括了职业健康或职业卫生问题，即该安全定义包含了职业健康或职业卫生，不需要像其他安全定义一样对职业健康或职业卫生做专门注解。

(8) 由该安全定义可看出:安全科学的研究对象是关于保障人的身心免受外界危害的基本规律及其应用。

## 2. 安全定义的外延

(1) 本节提出的安全定义可指明“降低外界因素对人的危害程度”的三条主要途径:①从免受外界因素对“身”的危害出发防控外界的不利因素,这类因素主要是物因所致,包括自然物和人造物,其控制主要靠与安全有关的自然科学技术和工程;②从免受外界因素对“心”的不利影响出发防控外界的不利因素,若仅是人的因素,则更多依靠与安全相关的社会科学来解决;③上述两类问题的复合和交互作用,这类因素更加复杂,包括人的因素和物的因素及两者的复合作用,需依靠与安全有关的自然科学和社会科学的综合作用才能解决。上述三条途径又可进一步用于建立安全模型,并构建安全学科体系。

(2) 外界对“身”的危害往往有时空限制,只要脱离特定的时空范围就可以避开。从免受外界因素对“身”的危害出发,需研究构筑各类安全保障的条件,包括自然和人为灾害的防范,确保系统内人的安全;同时也需对人进行安全教育,使人自身有安全意识、知识和技能等,能够辨识外界危险因素并有效应对各种伤害。

(3) 外界对“心”的危害是没有明显的时空限制的,可随时随地长时间影响或伤害个体或群体。从避免外界因素对“心”的伤害出发,需要涉及政治稳定、社会和谐、文化繁荣、气候宜人、防灾减灾和保险机制健全、个人物质财产无损等宏观层面的问题,同时也涉及人自身安全观念、安全心理和安全文化素养等内容。

(4) 外界对人的危害更多情况是对“身”和“心”同时造成伤害或交互造成伤害。上述(2)和(3)中所阐述的保障“身”与“心”免受伤害的所有内容应当同时进行,由此看出,安全学科无疑是涉及广泛的综合学科。

(5) 如果用一个数值来表达系统在某一时空的安全状态,这个数值一定是个平均值,是大多数理性人所感知的安全数值的平均值。既然是平均值,那么每一个具体的理性人认为安全的数值一定与平均值有偏差,但偏差必须限定在允许的范围内,此时系统的安全标准趋于一致。

(6) 理论而言,若某个体认为的安全数值与平均安全数值有较大偏差,就可将此个体归属为非正常人,由此亦可照此原则辨识过于小心谨慎的人或过于放纵冒险的人,可对人群进行分类和界定。若系统中部分个体认为的安全数值远远超出平均安全数值,则此系统的安全标准很难趋于一致。

(7) 系统中存在过于小心谨慎的人或是过于放纵冒险的人,对系统的经济可靠运行都是不利的。这类人越多,系统也越不安全可靠,或者说系统越危险。为保障系统安全可靠,这类偏离安全允许数值的个体(或构成的群体)是安全管理的重点对象。具体解决办法有:①把这类人剔出系统,使系统内人群的安全标准趋于一致,这是简单可靠的方法,但由于安全人性决定了正常人在不同时空里也会变成非正常人甚至变成恐怖分子,因此这种方法实际上是一种理想化和不太可行的方法;②纠正这类人的安全认知偏差,这需用到多种方式方法,包括安全观的塑造,实施过程是一个长期的教育过程。

(8) 按照本节的“安全”定义,借助逻辑工具,可构建一系列理论安全模型,进而构建安全学科体系,形成安全学科的研究方向,促进安全类专业的学科建设和开展安全科学研究,也可指导具体系统的安全管理工作。

## 3. 安全定义的推论

(1) 根据本节的“安全”定义,可以推论得出一系列安全科学的基础定义,见表1-1。

表 1-1 由本节给出的安全定义推论得出的安全科学基础定义

概 念	定 义
安全	安全是指一定时空内理性人的身心免受外界危害的状态
危害	危害是指一定时空内理性人的身心受到了外界损伤的状态
危险	危险是指一定时空内理性人的身心可能受到外界危害的状态
风险	风险是指一定时空内理性人的身心受到外界危害的可能性及其严重度的乘积
事故	事故是指一定时空内理性人的身心已经受到外界危害的结果
隐患	隐患是可能造成一定时空内理性人身心危害的外界因素
危险源	危险源是确定能够造成一定时空内理性人身心危害的外界因素
重大危险源	重大危险源是在特定时空里存在着确定的可以使人的身心受到重大危害的外界因素

按表 1-1 中的定义类推, 还可以推论出更多的安全学科新定义或新概念。通过上述分析, 本节给出的“安全”定义便于描述安全科学中其他的定义, 而且具有逻辑的推理性。

(2) 根据本节的“安全”定义, 可以对安全学科中各分支学科的概念进行定义, 例如: “安全科学”是以保障一定时空内理性人的身心免受外界危害为目标的科学, “安全工程”是以保障一定时空内理性人的身心免受外界危害为目标的工程, “安全教育”是以保障一定时空内理性人的身心免受外界危害为目标的教育, “安全管理学”是以保障一定时空内理性人的身心免受外界危害为目标的管理学, 等等。由此类推可得出通用的定义表达式: “安全  $X$  是以保障一定时空内理性人的身心免受外界危害为目标的  $X$ ”, 其中  $X$  可以是各种学科名词或科学名词。

(3) 根据本节的“安全”定义, 可以推论出各行业安全术语的定义, 例如: “农业安全”是指人们在从事农业活动时, 其身心免受外界危害的状态, “工业安全”是指人们在从事工业活动时, 其身心免受外界危害的状态, 等等。由此类推可以得出通用的定义表达式: “ $Y$  安全是指人们在从事  $Y$  活动时, 其身心免受外界危害的状态”, 其中  $Y$  可以是各行各业。

### 1.1.2 安全原理

科学技术与工程的原理是一个学科领域的核心理论。对于理工科领域的许多专门学科或专业, 这些原理通常不需要做刻意的分类和说明, 因为其原理内容相对有限。但对于安全科学技术这类大交叉综合学科, 如果不加以界定和分类, 泛泛讲其原理, 则内容非常多, 一本书无法全部纳入, 而且很难有层次性和系统性。不同的学者从安全学科的不同层面、不同视角和不同需求等看问题, 其涉及的安全原理范畴是不一样的。在现有的《安全原理》或《安全学原理》或《安全科学原理》论著中, 并没有对安全原理的分类做具体描述, 因此本书作者也需要先对安全原理做一些说明。

#### 1. 按字面意思理解安全原理的内涵

现有关于安全科学技术与工程原理方面的论著名称叫法不很一致, 大致有这些名称: 《安全原理》《安全学原理》《安全科学原理》《安全技术原理》《安全工程原理》等。从字面上分析, 它们的内涵还是有很大差别的。因此, 本书也需要先对安全原理的内涵加以说明或界定:

(1) 安全原理。简单可理解为: 就是安全的原理, 具体一点说就是为了安全的原理, 这是很明确的。安全原理可以包括安全科学层面的原理、安全技术层面的原理、安全工程层面的原理, 内容可以非常宽泛。

(2) 安全学原理。从字面上有多种理解: ①可理解为安全学的原理, 安全学领域的原理, 做安全学问的原理; ②可理解为安全学科的原理, 或是安全科学的原理; ③可理解为研究安全学科的原理, 研究安全科学的原理。由上可知, 安全学原理有多层次意义, 需要分别解释, 且“学”



字不太容易解释。

(3) 安全科学原理。从字面上也有多种理解：①可理解为安全的科学原理和为了安全的科学层面的原理，或是研究安全科学层面的原理和非技术层面的安全原理；②可以理解为进行安全科学研究的原理，为了开展安全科学研究的原理等，这个层面的理解还高于安全科学，类似安全科学学的原理。由上可知，安全科学原理有多层次多方面的意义，也需要分别解释和界定。

(4) 安全技术原理。安全技术原理通常指应用层面的安全原理，这个层面的原理非常丰富和具体，如通风原理、防火防爆原理、机械安全原理、电气安全原理等，这些原理其实就是安全技术本身。

(5) 安全工程原理。对于具体的安全工程问题，也有相应的安全工程原理，如安全规划原理、安全仿真原理、安全设计原理、安全管理工程原理等，由于现在“工程”两字的内涵和外延越来越宽泛，其原理的含义也更多，甚至涵盖了软科学的一些思想和方法。

## 2. 安全原理的分类

(1) 按安全原理的源发领域分类。对安全学科的原理开展分类研究，首先需要从安全学科的知识来源分类说起。安全学科属于大交叉综合学科。在开展安全交叉综合学科的研究中，除了研究安全学科自身的本质属性和存在领域的科学与应用问题之外，还需要更多地研究如何运用或改造吸纳别的专门学科的知识。为了区分上述两类知识，前者获得的安全知识可称为“自安全知识 (Self-safety Knowledge)”，后者获得的安全知识可称为“它安全知识 (Other-safety Knowledge)”，它安全知识是以安全为目的，通过从别的专门学科挖掘适用于安全的理论、方法、原理等，使之发展成为安全领域的知识。例如，自安全知识有各种安全理念、理论安全模型、事故致因理论、各种事故统计规律等；它安全知识有安全法学、安全管理学、安全心理学、安全教育学、安全文化学、安全系统工程、安全人机工程、安全检测技术、职业卫生与防护、风险评价技术、机械安全工程、化工安全工程、建筑安全工程、交通安全工程等的部分知识，这些知识都有别的学科的烙印和交叉特征。

在研究安全原理的过程中，也存在类似上述的情况。由安全学科自身创造出来的安全科学原理，这里称之为“自安全原理 (Self-safety Principle)”（或称为核心安全原理，或称为第一层次安全原理），如各种安全理念、理论安全模型、事故致因理论等。著名的海因里希“伤亡事故金字塔模型”就是在大量事故数据的基础上提炼得出的。同时，安全领域的更多安全原理是从别的专门学科中提炼和归纳出的，在已提出的安全原理中，大量原理都是以其他学科为技术背景，例如系统安全原理，是以安全为目的并从系统学、系统工程、可靠性理论等学科中构建的。又如安全经济学原理、安全行为科学原理等，都是通过相关学科延伸出能够应用于安全的科学原理，这里称之为“它安全原理 (Other-safety Principle)”（或称为非核心安全原理，或称为第二层次安全原理）。自安全原理和它安全原理之间并没有截然不同的区别和明显的界限，另外，这里表述的“自”与“它”，“核心”与“非核心”以及“第一层”与“第二层”，与安全科学原理在应用中的重要程度和实际价值没有直接关系。

(2) 按安全原理的运用层次分类。科学研究成果通常可分为三类：一是基础研究成果，二是应用基础研究成果，三是应用研究成果，这里简称为上、中、下游研究成果，显然上游与中游、中游与下游之间的研究成果是没有明显界限的。同样，安全领域的科研成果也可以分为安全基础研究成果、安全应用基础研究成果和安全应用研究成果，或称为安全上、中、下游三类研究成果。

类似地，安全原理可分为基础安全原理、应用基础安全原理和应用安全原理。基础安全原理具有普适性，内涵更具概括性和高度抽象性；应用基础安全原理不如基础安全原理那么宽泛，但它的适用面也是比较宽的，可适用于很多领域；应用安全原理非常具体和繁多，非常适宜解决具体的工程技术问题，但通用性比较差，而且多属于技术专业的范畴，而不属于安全领域专有。

(3) 按安全原理的学科层次分类。从学科层次分,安全科学原理可分为安全哲学原理、一般安全原理和具体安全原理三个层次,如果将安全哲学原理和一般安全原理统称为通用安全原理,则通用安全原理的内容相对是有限的,而具体安全原理的内容是无限的,例如所有的安全技术及工程均包含大量的具体安全原理,而这些具体安全原理均存在于大量的安全技术及工程之中。

(4) 安全原理的其他分类方法。安全原理还可以有更多的分类方式。例如:

- 1) 按普适性程度分类,可分为通用性安全原理和专门性安全原理。
- 2) 按与安全的密切程度分类,可分为核心安全原理(第一层次安全原理)和非核心安全原理(第二层次安全原理)。
- 3) 按解决问题的时间维度分类,可分为用于未来安全问题的安全原理和适用于当下的安全原理。
- 4) 按照安全原理存在形态分类,可分为已知安全原理和未知安全原理。
- 5) 按创建安全原理思路的不同,可将安全原理划分为三类:从安全现象中提炼和归纳的安全原理;由已有其他学科知识中提炼和归纳出的安全原理;通过科学实验等研究从未知世界中提炼和归纳的安全原理。
- 6) 按专业分类(主要指应用层面的安全原理),可分为各个专业的安全技术原理。
- 7) 按获取安全原理的研究方式分类:可分为正常状态下获得的安全原理(从安全现象归纳得出的安全原理)和非安全状态下获得的安全原理(从已有事故分析归纳获得的安全原理)。
- 8) 按学科性质分类:可分为安全人因科学原理、安全自然科学原理、安全技术科学原理、安全社会科学原理、安全系统科学原理等。
- 9) 按系统尺度的大小分类:可分为微尺度安全原理、中尺度安全原理、宏尺度安全原理等。
- 10) 按系统要素分类:可分为信息安全原理、行为安全原理、能量安全原理、物质安全原理、经济安全原理、文化安全原理等。

还要指出的是:原理与理论和方法是不可能完全分开的,它们之间并不完全脱节。

## 2\* 安全原理研究的方法论

本节结合方法学和安全科学,通过考证现有安全科学原理被发现、归纳、形成、检验和应用的研究脉络全过程,阐述安全原理研究的方法论,以促进安全科学原理的发展,构建多维度、多视角、多层次的安全科学原理框架(贾楠和吴超,2015)。

### 1.2.1 安全原理研究的方法论基础

#### 1. 安全原理的定义及其功能

对于安全原理的研究,就目前而言,多数学者较为倾向于对已知安全理论的整理提升,并用于事故预防及安全指导的应用研究,而对安全原理本身的内涵、层次、体系开展研究探索的少之又少。

安全科学原理可定义为:在人类的生活、生产、生存过程中,以保障人的身心免受外界不利因素影响为着眼点,经过观察、实践、归纳、抽象、概括出来的具有普遍意义的基本科学规律。安全科学原理源于实际,又能用于指导人们的安全生活和生产实践。

安全科学原理一般具有四个层次的功能和作用,分别是安全描述、安全解释、预测指导及借鉴启示,但不需要同时具备,其研究目的层次如图1-1所示。安全科学原理能够使人们从本质上客观掌握安全规律和避开危险,并在实践中给安全工作予以新的灵感和启示。安全科学原理在安全

生活生产及科学研究中具有不可替代性。因此,探索安全科学原理的研究方法论具有重要的意义。

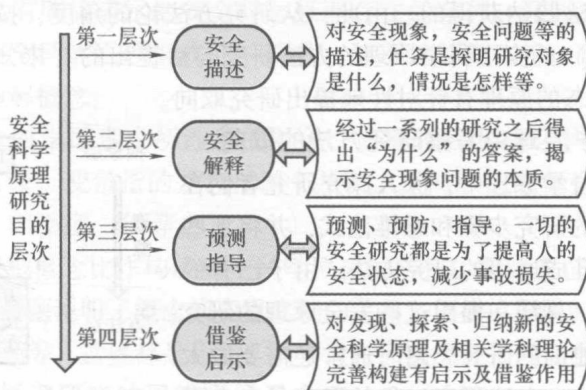


图 1-1 安全科学原理的研究目的层次

## 2. 安全科学原理研究的方法论定义及内涵

方法论是一门学科所使用的主要方法、规则和基本原理或是对某一特定领域相关探索的原则与程序,即对方法的研究、描述和解释。安全科学原理研究的方法论可定义为:它是用于指导安全科学原理研究的一般理论取向,探讨安全科学原理研究的基本假设、逻辑、规则、程序,对安全科学原理研究所做的一系列规范、策略及程序的高度概括,是各种具体安全科学原理研究方法的方法。其核心主旨是,最大限度地帮助研究者理解安全科学原理的探究过程。安全科学原理研究的方法论定义可由下面两点做进一步诠释。

(1) 安全科学原理研究的方法论是指导安全科学原理研究的一般理论取向。哲学基础是研究安全科学原理的方法论必备知识。开展安全科学原理方法论研究需要从客观事实出发,实事求是,以发展的思维做研究,具有唯物辩证的思想,并以实践作为检验的唯一标准。严谨的安全科学原理的研究,要从哲学方法论的基点出发。

(2) 该定义指出了安全科学原理研究的方法论需要秉持基本假设、逻辑、规则、程序,并在一般理论研究取向的基础上进一步拓展到诸如定量方法论、定性方法论等的研究,还给出了安全科学原理研究的总体策略程序。

与其他具体的研究方法相比,安全科学原理研究的方法论有以下特点:

(1) 系统性。不同于具体方法的随意性,安全科学原理研究的方法论强调从发现问题至安全科学原理提出的整个研究过程,要确保其完整性与系统性,每个步骤环环相扣,形成系统整体。

(2) 严谨性。安全科学原理研究方法论的核心是逻辑推理,从现象到本质再形成对现象系统科学的解释,这需要一条从证据到理论再从理论到证据的严谨的推理链。

(3) 可重复验证性。与偶然的发现或者臆想的概念不同的是,科学原理注重现实、数据或经验的基础作用,其现象与结论之间有必然的和科学的联系。

探索安全科学原理研究的方法论具有重要的研究意义:有助于更好地理解安全科学原理研究的性质和特点;有助于廓清安全科学原理研究的程序和规则;有助于知道研究过程,选择正确的方法,做出正确的研究决策;有助于安全科学原理的丰富发展和框架的完善;也有助于提高人员安全技能和解决实际问题。

### 1.2.2 安全科学原理的研究取向

安全科学原理的分类方法有很多,如 1.1.2 节所述,各种分类方法都有其特色和优缺点,由于



本节重点讨论安全科学原理研究的方法论，故不能将眼光局限于安全科学原理本身，而是着眼于安全科学原理是由什么方法归纳获得的。由此，从研究方法论的角度，按照安全科学原理的存在形态，分为已存在（已知）的安全科学原理的方法研究与待提出的（未知）安全科学原理的方法研究，进而对不同存在形态的原理有针对性地提出研究取向。

1. 从已存在安全科学原理中考察研究方法的取向

从已存在的各种安全科学原理中，深入探究研究者们在归纳提炼这些安全原理时的研究步骤和思维范式，并将那些思维范式分类、加工、提升成通用的研究方法。由于已有的安全科学原理内容很丰富，总结和提出这些安全原理的研究者的思路各不相同，提炼他们的研究思路时通常还需要做大量的梳理、比较及归纳工作。上述研究过程的取向是自上而下（Up-bottom）溯源，其研究程式如图 1-2 所示。

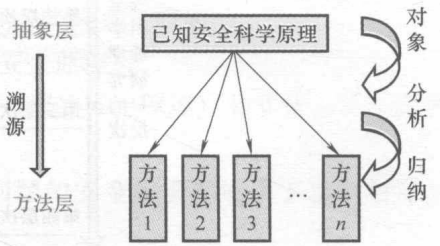


图 1-2 从已知安全科学原理中考察其研究方法的取向

2. 从未知的安全科学原理中考察研究方法的取向

对于未知的安全科学原理，其发现研究是丰富安全科学原理及发展安全学科的必经之路。因此，未知安全科学原理应以研究—构建—提出为目前主要的研究方法取向。同时，未知的安全科学原理涵盖领域太过宽泛，研究特点、发展方向等不同，因此，根据其构建方法和思路的不同，又可进一步划分为三类未知安全科学原理。

第一类：从已有不安全现象（如发生事故的因果关系）中提炼和归纳安全科学原理。从实际中的不安全现象、问题、事件出发，以事实为根据进行归纳总结概括，从中构建出更加抽象的安全原理概念。该思路强调了实践、数据的重要性。如著名的海因里希“伤亡事故金字塔”就是在收集大量数据的基础上提炼出来的。其逻辑方法是归纳，是一个自下而上（Bottom-up）的过程，如图 1-3 所示。

第二类：可以由已有其他学科知识中提炼和归纳出的安全科学原理。在已提出的安全科学原理中，大量原理都是以其他学科为背景的。例如系统安全原理，是根据安全学学科的需求并从系统学、系统工程、可靠性理论等学科知识中提出的。同理，安全经济学原理、安全行为科学原理等，都离不开其他学科的知识。这是由安全科学的多学科交叉综合性决定的，通过相关学科延伸出能够应用于安全的科学原理。对于此类未知的安全科学原理的研究，可运用关联学、比较学和比较安全学等的理论与方法。

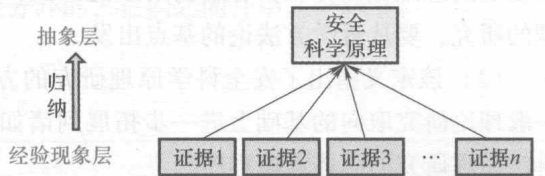


图 1-3 第一类未知安全科学原理的研究方法取向

第三类：通过科学实验等研究，从未知世界中提炼和归纳出新的安全科学原理。我们所生存的这个世界上存在着大量的人类知识、科技所未碰触的领域。无论在何时，通过任何学科，我们都不应该忽视来自未知世界的启示和馈赠。

从现有研究手段及方法的角度出发，对第一类及第二类未知的安全科学原理的研究相对比较容易且可行性较高，而第一类未知安全科学原理是以现实中的安全现象为研究基点，较其他两类具有指导现实操作的意义。

1.2.3 安全科学原理研究的程式

1. 安全科学原理结构

结合安全科学原理研究的特点，确定了安全科学原理的 PCP 结构：安全预设（Safety Presuppo-