



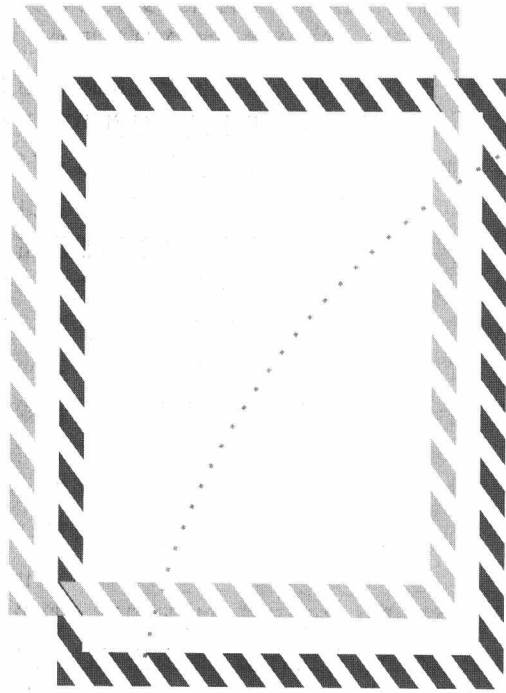
# 安全科学方法论

METHODOLOGY OF SAFETY SCIENCE

吴超 / 著



科学出版社



# 安全科学方法论

METHODOLOGY OF SAFETY SCIENCE

暴超卿著

科学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是一部介绍和研究安全科学方法论的专著。全书分四篇十三章，第一篇为总论篇，包括科学方法论概述和安全科学研究方法论；第二篇为整体性安全科学方法论，包括安全系统学方法论和风险与安全系统管理方法论；第三篇为分支性安全科学方法论，包括人因安全研究方法论、物因安全研究方法论、安全社会科学方法论和安全教育方法论；第四篇为专门性安全科学方法论，包括事故调查与安全统计方法论、安全比较研究方法论、安全评价方法论、安全预测方法论和安全逻辑与科学思维方法论。

本书可供广大安全科学研究学者阅读，可作为安全科学与工程一级学科以及相关学科专业的研究生教材，也可供管理科学与工程、行政管理、人机工程、心理学等领域的科技人员和研究生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

安全科学方法论/吴超著. —北京:科学出版社, 2016.9

ISBN 978-7-03-049684-3

I. ①安… II. ①吴… III. ①安全科学-科学方法论 IV. ①X9-03

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第203122号

责任编辑:李敏 杨逢渤 / 责任校对:钟洋

责任印制:肖兴 / 封面设计:李姗姗

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2016年8月第一次印刷 印张:22

字数:530 000

定价:148.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 作者简介

吴超，1957年生，男，汉族，广东揭阳人，工学博士。现任中南大学资源与安全工程学院教授、博士生导师；兼任教育部高等学校安全科学与工程类专业教学指导委员会委员、全国安全工程领域工程硕士培养协助组副组长、国家安全生产专家、中国工程教育专业认证协会专家、公共安全科学技术学会理事、《中国安全科学学报》等刊物编委等。国务院政府津贴获得者，宝钢优秀教师奖获得者，中南大学教学名师。

自1991年12月开始，任原中南工业大学教授，曾在瑞典（1986~1988年）、美国（1999年）的3所大学做访问学者，2002年5月至2014年7月曾兼任中南大学资源与安全工程学院副院长。前一二十年主要从事矿山安全与环保领域的教学和科研；后十多年至今主要从事安全科学理论的教学和科研，先后创立了安全科学学、相似安全系统学、安全科学方法学、比较安全学、安全统计学等安全科学新分支。

曾主讲本科和研究生课程10多门，已培养100多名硕士和博士研究生毕业；曾获国家和省部级教学与科研奖和图书奖19项；在国内外发表论文300多篇（含通讯作者），其中100多篇被EI、SCI收录；出版了专著和教材20多种，其中3部专著获国家科学技术学术著作出版基金资助，两本教材被列为国家级规划教材，一部专著获第14届中国图书奖，两门课程获国家级精品课和国家级精品共享资源课称号。近十多年热衷于安全科学理论的研究。

## 前 言

本书是在对《安全科学方法学》（吴超编著，中国劳动社会保障出版社2011年7月出版。该书为“十一五”国家重点图书出版规划项目，获国家科学技术学术著作出版基金资助出版）这一专著的深入研究和浓缩的基础上撰著而成的一部新书。五年前出版的《安全科学方法学》主要是追求“大而全”，内容包括安全哲学方法、一般安全科学方法和具体安全科学方法，因此该书篇幅较长，达96.9万字，加之当时的研究深度有限，整部书还没有达到安全科学方法论的高度，因此书名定为“方法学”而不是“方法论”，因为方法论才是专门研究方法的学问。

时光飞逝，五年中我和我的研究生们经过不断思考和深入研究，在安全科学方法论研究方面取得了长足的进步，在安全系统学方法论研究、安全科学原理方法论研究、风险管理方法论研究、安全物质学方法论研究、安全人性学方法论研究、安全统计学方法论研究、比较安全学方法论研究、比较安全伦理学方法论研究和安全文化学方法论研究等领域取得一些成果，这些都为撰写本书奠定了良好基础。

安全科学方法论是在使人的身心免受外界因素不利影响或危害的科学研究中的工作指南。安全科学方法论与其他学科一样，都是在通用方法论（包括哲学方法论和一般方法论）的指导之下，结合学科本身的特点所形成的通用方法论加具体方法论的复合方法论。安全科学方法论相对于方法论来说属于具体方法论，但就安全学科本身而论，安全科学方法论包括安全哲学方法论、一般安全科学方法论和具体的安全工程技术方法论。

目前关于通用方法论（哲学方法论和一般方法论）的图书已经有很多，虽然这些方法论在安全科学研究中同样得到广泛应用，但为了节省本书篇幅，在兼顾通用方法论的同时，没有过多地介绍通用性方法，而是将重点放在介绍一般安全科学方法论上。如果就安全科学方法论的三个层次（安全哲学方法论、一般安全科学方法论和具体安全科学方法论）而言，本书的重点是中间层次，即重点介绍一般安全科学方法论，安全哲学方法论比较接近于哲学方法论，不宜介绍太多，而许多具体安全科学方法论是与具体安全科学技术密切相关的，本书也不可能全面涉猎。值得指出的是，安全科学方法论的三个层次之间实际上也没有明显的界线。

本书撰写的结构设计主要考虑安全科学研究方法论的分类，其主线是：总论篇（概论篇）—整体方法论篇（系统篇）—分支性方法论篇（局部篇）—专门性方法论篇（切入篇），各篇的内容是可以不断扩展的，特别是对于分支性方法论和专门性方法论，并不限于本书的内容。安全科学方法论是一门比较抽象难学的学科。具有一定安全科学与工程研究实践经验的人，才能够较好地理解和运用安全科学方法论，但这并不意味着没有安全科学与工程实践经验的人就不能学习安全科学方法论，其实，实践经验与方法论之间是相互促进和循环提升的。

方法论是一切科学研究工作的指南。古今中外，方法格外受到人们的重视，“授人以鱼，不如授之以渔”就是一个形象的例证。方法的创新更具原创性和更有价值，安全科学方法也是如此，而且，由于安全学科的综合属性决定其具有浩瀚的时空，安全科学方法更显重要。安全科学方法是经验、知识、智慧的结晶，具有重要的理论和实践意义。令人遗憾的是，当我们翻开现有的安全基础理论中文教科书时，很快会发现，其中的安全科学方法大多是国外学者发明的，带有引进的痕迹。其实，已发明的许多安全科学理论与方法大多很简单。那么为什么中国人没有发明这些理论与方法呢？究其原因，个人认为，除了我们对安全科学研究起步较晚之外，多年来中国最短缺的教育内容之一就是方法论的教育。现今能够潜心开展此类理论研究的人才太少并且得不到应有的支持，而更深层次的原因是许多人还悟不出方法论的真正价值。多年来，我国许多安全科技工作者习惯性地重视应用别人总结的方法，特别是外国人的方法，而忽略或轻视从方法论的高度开展理论研究并创立自己的方法。

尽管在过去的近百年历史中，发达国家的安全科技研究者对安全科学方法的研究和贡献一直走在前面，但他们对安全科学方法论的研究并不多。本书的研究是站在安全科学学的高度，以现有发明创造的安全科学方法（特别是国外的安全科学方法）为基础，通过开展对安全科学方法研究的研究，作出自己的创新性研究，在某种意义上讲类似于“站在巨人肩膀上”的研究，因而本书的有些内容是处于领先地位的。

一门学科有没有方法论，是判断这门学科是否成熟和学科范畴是否广阔的重要标志之一。方法论与学科发展是相辅相成的，学科发展有利于方法论的凝练，而凝练出来的方法论成果又能够促进学科的发展。安全科学是一门新兴的学科，其方法论的诞生，将有利于促进安全学科的发展；而安全学科的发展，将进一步推动其方法论走向成熟。在我国，尽管安全科学与工程于2011年已经被列入研究生教育一级学科，但安全科学还没有达到成熟的阶段，安全科学方法论也不可能很完善。鉴于此，本书存在不足是在所难免的。另外，由于作

者水平有限，书中肯定存在有待改进的地方，希望读者批评指正。

本书直接纳入了与我的多名研究生贾楠、黄浪、王秉等合作撰写的一组论文和最新研究成果，同时还引用了书中参考文献所列论著的一些相关内容，在此对他们的贡献表示衷心的感谢。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。

作 者

2016年3月



# 目 录

## 第一篇 总论 (概论篇)

第 1 章 科学方法论概述 .....	3
1.1 方法论 .....	3
1.2 科学方法论 .....	9
1.3 几类主要的科学方法论 .....	12
第 2 章 安全科学研究方法论 .....	24
2.1 安全与安全科学 .....	24
2.2 安全科学方法论 .....	30
2.3 安全科学原理研究方法论 .....	33

## 第二篇 整体性安全科学方法论 (系统篇)

第 3 章 安全系统学方法论 .....	43
3.1 安全系统思想 .....	43
3.2 安全系统学基础 .....	46
3.3 安全系统学方法分析 .....	50
3.4 安全系统方法研究动态模式 .....	51
3.5 安全系统模型构建的方法论 .....	53
3.6 安全系统工程方法 .....	60
第 4 章 风险与安全系统管理方法论 .....	71
4.1 风险管理研究的方法论 .....	71
4.2 安全系统管理方法 .....	78
4.3 安全系统管理原理 .....	84
4.4 安全系统管理组织与实施方法 .....	87
4.5 安全目标管理方法 .....	92



## 第三篇 分支性安全科学方法论 (局部篇)

第 5 章 人因安全研究方法论 .....	101
5.1 安全人性及其研究方法论 .....	101
5.2 人的安全心理特性研究方法 .....	105
5.3 人的心理与能力测量方法 .....	111
5.4 人因失误研究方法 .....	114
5.5 人因激励理论与方法 .....	118
5.6 群体人因分析方法 .....	126
第 6 章 物因安全研究方法论 .....	130
6.1 安全物质学及其研究方法 .....	130
6.2 安全物质学的方法论 .....	135
6.3 物因安全系统控制论 .....	141
6.4 安全控制系统设计方法论 .....	144
6.5 安全控制系统的度量方法 .....	149
6.6 安全仿真方法论 .....	151
第 7 章 安全社会科学方法论 .....	154
7.1 安全社会科学概述 .....	154
7.2 安全法学方法论 .....	155
7.3 安全经济学方法论 .....	159
7.4 安全伦理学研究方法论 .....	169
7.5 安全文化学方法论 .....	175
第 8 章 安全教育方法论 .....	186
8.1 安全教育的研究方法 .....	186
8.2 安全教育的教学方法 .....	191
8.3 安全教育的技术方法 .....	202
8.4 安全教育教学设计方法 .....	204

## 第四篇 专门性安全科学方法论 (切入篇)

第 9 章 事故调查与安全统计方法论 .....	215
9.1 事故调查方法 .....	215
9.2 安全统计分析方法 .....	221

9.3	安全定性资料统计分析方法 .....	235
9.4	安全大数据方法 .....	236
<b>第 10 章</b>	<b>安全比较研究方法论 .....</b>	<b>242</b>
10.1	比较研究方法 .....	242
10.2	比较研究的相关方法 .....	245
10.3	比较安全学研究的方法论 .....	247
10.4	比较安全学的内容分类方法 .....	255
<b>第 11 章</b>	<b>安全评价方法论 .....</b>	<b>262</b>
11.1	评价方法 .....	262
11.2	安全评价方法 .....	269
11.3	风险评价方法 .....	271
11.4	物质安全评价方法 .....	277
<b>第 12 章</b>	<b>安全预测方法论 .....</b>	<b>285</b>
12.1	预测方法论 .....	285
12.2	基于数理统计的预测方法 .....	295
12.3	大数据安全预测方法 .....	299
<b>第 13 章</b>	<b>安全逻辑与科学思维方法论 .....</b>	<b>304</b>
13.1	逻辑学方法论 .....	304
13.2	创新思维方法 .....	315
参考文献 .....		332
后记 .....		335

# Contents

## Part 1 General Introduction

<b>1 Overview of scientific methodology</b> .....	3
1.1 Methodology .....	3
1.2 Scientific methodology .....	9
1.3 Typical scientific methodology .....	12
<b>2 Methodology of safety science research</b> .....	24
2.1 Safety versus safety science .....	24
2.2 Safety science methodology .....	30
2.3 Methodology of safety science principle research .....	33

## Part 2 Integrated safety scientific methodology

<b>3 Safety systems science methodology</b> .....	43
3.1 Safety systems thought .....	43
3.2 Fundamentals of safety systems science .....	46
3.3 Safety systems method analysis .....	50
3.4 Patterns of safety systems method research .....	51
3.5 Methodology of safety systems model construction .....	53
3.6 Safety systems engineering methods .....	60
<b>4 Methodology of risk and safety systems management</b> .....	71
4.1 Methodology of risk management research .....	71
4.2 Safety systems management methods .....	78
4.3 Safety systems management principles .....	84
4.4 Organization and execution methods of safety systems management .....	87
4.5 Safety goal management method .....	92

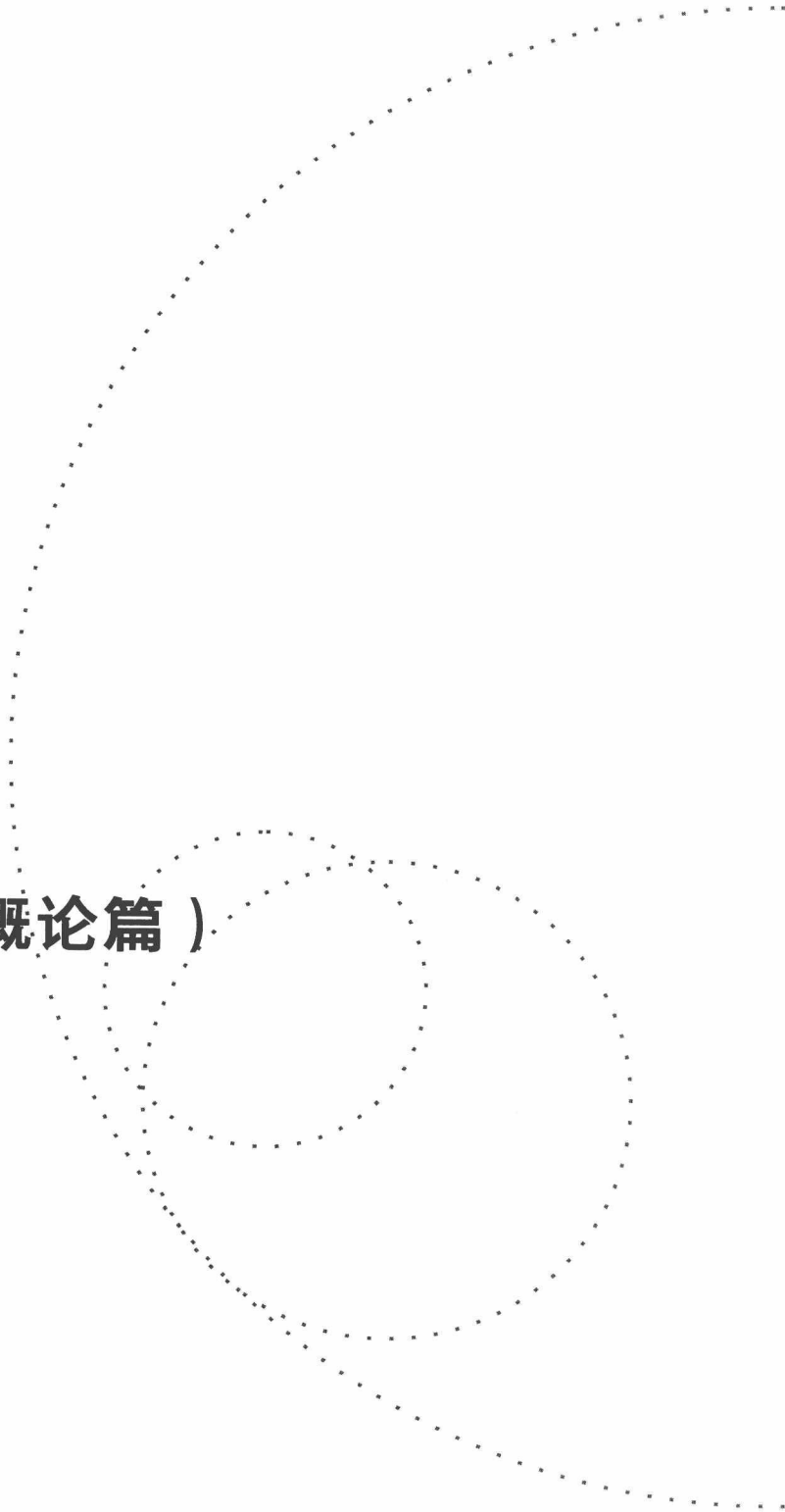
### Part 3 Safety science branches methodology

<b>5</b>	<b>Methodology of safety research on human factors</b> .....	101
5.1	Safety humanity and its research methodology .....	101
5.2	Research methods of human's safety psychology characteristics .....	105
5.3	Measuring methods of human's psychology and ability .....	111
5.4	Human error research methods .....	114
5.5	Theories and methods of human motivation .....	118
5.6	Analysis methods of group human factors .....	126
<b>6</b>	<b>Methodology of safety research on materials' factors</b> .....	130
6.1	Safety materials science and its research methods .....	130
6.2	Methodology of safety materials science .....	135
6.3	Control theories of safety systems on materials' factors .....	141
6.4	Design methodology of safety control systems .....	144
6.5	Measuring methods of safety control systems .....	149
6.6	Safety simulation methodology .....	151
<b>7</b>	<b>Methodology of social safety sciences</b> .....	154
7.1	Overview of social safety sciences .....	154
7.2	Safety jurisprudence methodology .....	155
7.3	Safety economics methodology .....	159
7.4	Research methodology of safety ethics .....	169
7.5	Safety culture methodology .....	175
<b>8</b>	<b>Methodology of safety education</b> .....	186
8.1	Research methods of safety education .....	186
8.2	Teaching methods of safety education .....	191
8.3	Technical methods of safety education .....	202
8.4	Teaching design methods of safety education .....	204

### Part 4 Specialized safety scientific methodology

<b>9</b>	<b>Accident investigation and safety statistics methodology</b> .....	215
9.1	Accident investigation methods .....	215
9.2	Safety statistics analysis methods .....	221

9.3	Methods of safety statistical analysis of qualitative data .....	235
9.4	Big data method for safety .....	236
<b>10</b>	<b>Safety comparison research methodology .....</b>	<b>242</b>
10.1	Comparative research methods .....	242
10.2	Related methods for comparative studies .....	245
10.3	Methodology of comparative safety science .....	247
10.4	Classification methods on safety comparative research contents .....	255
<b>11</b>	<b>Safety assessment methodology .....</b>	<b>262</b>
11.1	Evaluation methods .....	262
11.2	Safety assessment methods .....	269
11.3	Risk assessment methods .....	271
11.4	Materials safety assessment methods .....	277
<b>12</b>	<b>Methodology of safety prediction .....</b>	<b>285</b>
12.1	Forecasting methodology .....	285
12.2	Forecasting methods based on mathematical statistics .....	295
12.3	Safety prediction methods by big data .....	299
<b>13</b>	<b>Safety logic and scientific thinking methodology .....</b>	<b>304</b>
13.1	Logic methodology .....	304
13.2	Innovative thinking methods .....	315
<b>References</b>	.....	<b>332</b>
<b>Postscript</b>	.....	<b>335</b>

A decorative graphic consisting of a dotted line that starts at the top right, curves down and left, then loops around the text, and finally curves down and right towards the bottom right corner.

**第一篇**  
**总论（概论篇）**





# 第1章 科学方法论概述

由于大多数人没有系统学习过方法论，即使学习过科学哲学的人对科学方法论的理解也不一定很深刻，很多人对经常使用的大量科学词汇的内涵理解仍处于原始的字面理解，即非方法论层面的理解。本章对方法、方法科学、方法论、科学方法、科学方法论、哲学科学方法论、社会科学方法论、自然科学方法论、技术科学方法论、设计方法论、思维科学方法论等的内涵做了释义和阐述，并运用许多框图对相关的内容进行扼要直观的表达。这些内容有助于读者对科学方法论的快速了解，同时可以作为学习安全科学方法论的基础。

《墨子·天志（中）》中述：“‘中吾规者，谓之圜；不中吾规者，谓之不圜。’是以圜与不圜，皆可得而知也。”又述：“‘中吾矩者，谓之方，不中吾矩者，谓之不方。’是以方与不方，皆可得而知之，此其故何？则方法明也。”上述就是有名的“圆法”与“方法”，前者为度量圆形之法，后者为度量方形之法。汉语中“方法”一词后来演变成了做各类事情的办办法或手段<sup>[1]</sup>。

《老子》中言，“授人以鱼，不如授之以渔”。两千多年前我们的先人就以非常形象的方式表达了方法论和学习方法的重要性。人类知识的发展史也是科学方法的演化史，知识是在一定的方法上形成的，而方法又是知识发展的产物，因此知识和方法始终紧密地结合在一起。下面这两个故事的对比引人深思。

“曹冲称象”。据说年仅六岁的曹冲，通过观察浮在水面上的船只与水面的关系，解决了一个连许多有学问的成年人都一筹莫展的大难题，这不能不说是一个奇迹，但奇迹并非科学。

“阿基米德发现浮力原理”。传说希伦王召见阿基米德，让他鉴定纯金王冠是否掺假。他冥思苦想多日，在跨进澡盆洗澡时，从看见水面上升得到启示，作出了关于浮体问题的重大发现，并通过王冠排出的水量打消了国王的疑问。在著名的《论浮体》<sup>[2]</sup>一书中，他按照各种固体的形状和比重的变化来确定其浮于水中的位置，并且详细阐述和总结了后来闻名于世的阿基米德原理：放在液体中的物体受到向上的浮力，其大小等于物体所排开的液体重量。

其实，曹冲和阿基米德所想到的方法都是“等量替换法”。但前者未将其归纳提升为一般规律，而后者从此使人们对物体的沉浮有了科学的认识，并奠定了流体静力学的基础，成为科技史上的一颗璀璨明珠。

## 1.1 方 法 论

方法论是一切科学研究工作的指南。许多科学研究都是从思考运用什么方法开始的，

直到获得新的方法才结束。一门学科有没有其具体（或特色）方法论诞生，这是判断这门学科是否成熟的重要标志之一。安全科学方法论与其他学科一样，都是在通用方法论（包括哲学方法论和一般方法论）的指导之下，结合学科本身的特点所形成的通用方法论加具体方法论的复合方法论。

### 1.1.1 方法

从科学的角度来论述“方法”的内涵，方法是人们认识世界、改造世界所采用的方式、手段或遵循的途径。“方法”一词，源于希腊文，意思是遵循某一道路，亦指为了实现一定的目的，必须按一定程序所采取的相应步骤。人们在实践活动的基础上，分析研究客观世界的实际过程，掌握发展变化的科学真理，为人类谋福利，这就是人们认识世界、改造世界的目的。但要实现这个目的，必然要进行一系列思维和实践活动，这些活动所采用的各种方式、手段、途径，统称为方法。安全科学方法也主要来自于实践或间接来自于实践<sup>[1]</sup>。

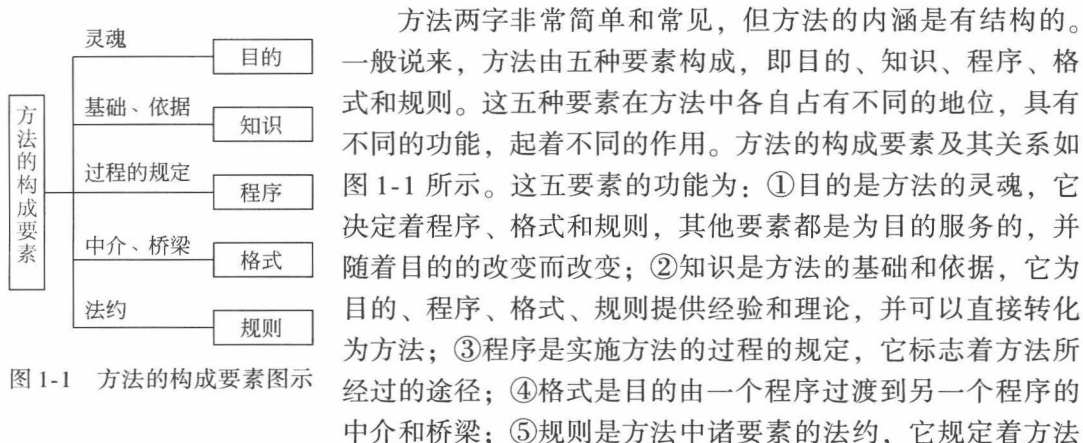


图 1-1 方法的构成要素图示

方法两字非常简单和常见，但方法的内涵是有结构的。一般说来，方法由五种要素构成，即目的、知识、程序、格式和规则。这五种要素在方法中各自占有不同的地位，具有不同的功能，起着不同的作用。方法的构成要素及其关系如图 1-1 所示。这五要素的功能为：①目的是方法的灵魂，它决定着程序、格式和规则，其他要素都是为目的服务的，并随着目的的改变而改变；②知识是方法的基础和依据，它为目的、程序、格式、规则提供经验和理论，并可以直接转化为方法；③程序是实施方法的过程的规定，它标志着方法所经过的途径；④格式是目的由一个程序过渡到另一个程序的中介和桥梁；⑤规则是方法中诸要素的法约，它规定着方法的适用范围，从总体上全面规范着主体行为。作为安全科学方法，同样具有上述五要素的功能和特征。

方法的整体虽由上述五种要素构成，但在现实的方法中，并不是所有的方法都显现出五种要素。有些方法中，几种要素融合在一起，有的突出这几个方面，有的突出那几个方面，有的表现为知识，有的表现为程序，有的表现为格式，有的则表现为规则，从而使方法的结构形式呈现多样性。在讨论安全科学方法的五要素时，也同样不必面面俱到，应根据具体问题有所侧重和取舍。

正确的方法来自实践。方法只有符合客观世界的发展规律，才是正确的，才能达到预期的目的。认为方法是主观的“自由创造”，那是唯心主义的观点。人们在认识世界、改造世界的实践中，不断研究和总结了一系列思维和实践活动的方式、手段和途径，形成了多种多样的方法。因此，方法的形成和发展的历史，体现了人类思想发展的历史，体现了科学发展的历史。

随着现代科学的发展，方法的研究得到了高度的重视和发展，方法在科学认识上也起到越来越大的作用。方法的主要作用如下<sup>[1,3]</sup>：