

JIAOTONG GONGCHENG

ANQUAN FENXIAN GUANKONG YU YINHUAN PAICHA YITIHUA
LILUN FANGFA YU XINXIHUA GUANLI JISHU

交通工程

安全风险管控与隐患排查一体化 理论方法与信息化管理技术



王海燕 / 著

封面



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

JIAOTONG GONGCHENG

ANQUAN FENGXIAN GUANKONG YU YINHUAN PAICHA YITIHUA
LILUN FANGFA YU XINXIHUA GUANLI JISHU

交通工程

安全风险管控与隐患排查一体化 理论方法与信息化管理技术

王海燕 / 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为交通建设工程领域安全管理的探索研究,全书共五章,分别为安全科学发展概述、国内外工程安全行业管理概况与借鉴、风险管控与隐患排查一体化管理理论与方法、风险评估实用技术与应用、一体化信息管理技术。

本书可供工程建设安全管理从业人员、安全科技人员参考使用,也可为行业监管部门的管理者决策提供支持。

图书在版编目(CIP)数据

交通工程安全风险管控与隐患排查一体化理论方法与
信息化管理技术 / 王海燕著. —北京:人民交通出版社股份
有限公司, 2019.11

ISBN 978-7-114-15671-7

I. ①交… II. ①王… III. ①交通工程—工程施工—
安全管理—研究 IV. ①U415

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 136764 号

书 名: 交通工程安全风险管控与隐患排查一体化理论方法与信息化管理技术

著 者: 王海燕

责任编辑: 杨丽改

责任校对: 张 贺

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司

开 本: 720 × 960 1/16

印 张: 11.75

字 数: 237 千

版 次: 2019 年 11 月 第 1 版

印 次: 2019 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-15671-7

定 价: 60.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

作者简介

王海燕，博士，注册咨询工程师，第17批博士服务团成员，中国土木工程学会工程风险与保险研究分会理事，现就职于交通运输部科学研究院，长期从事交通规划与设计、工程建设安全咨询等工作，承担过多项相关领域的省部级和地方科研项目和咨询项目。曾获中国公路学会科技进步二等奖1项，中国互联网+交通运输创新创业最具社会价值荣誉奖1项；取得实用新型专利1项，发明专利1项；参与编写专业著作2部，编制行业技术指南2部。

王海燕博士本科就读于长沙交通学院路桥工程系（现长沙理工大学），取得学士学位；后获得西安公路交通大学（现长安大学）道路与铁道工程硕士学位、东南大学交通运输规划与管理博士学位。

序 言

安全是关系国家稳定和人民福祉的永恒主题，坚持以人民为中心的发展思想，贯彻落实安全发展观，是高质量发展的体现，也是交通强国建设的重要内容。近年来，交通行业坚决贯彻习近平总书记关于安全生产的重要指示和中央经济工作会议精神，着力构建交通安全生产风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，深入推进平安交通建设，有效地防范和遏制了重特大责任事故发生，事故起数和死亡人数持续保持“双下降”，安全生产形势持续稳定向好。

安全生产工作是一项长期、艰巨、复杂的系统工程，随着公路水路基础设施建设向中西部地区深入推进，山区公路的高墩大跨桥梁、隧道群以及立体交叉工程普遍增多，工程施工难度进一步加大，施工安全风险更高，历史与现实问题交织，共性问题依然突出，需要针对交通行业安全生产的特点，深入分析安全事故的规律、特性，加强安全理论基础研究与应用，加大科技创新力度，为行业的安全发展提供支撑。

本书从安全科学发展的视角，总结梳理了国内外、行业内外安全管理的理论研究和成功实践经验，围绕“双控”体系建设的难点和热点问题，提出一体化管理的相应理论方法，并应用信息化技术予以实现，立意新颖，实用性强，应加强试点经验总结，扩大成果推广使用范围，为交通行业安全监管工作提供参考和决策支持。

交通是国民经济的翅膀，交通工程建设是综合交通运输发展的基础。在基础设施建设突飞猛进的同时，安全生产是不可逾越的红线和底线，

要准确把握新时代交通运输安全科技工作面临的新形势和新要求，谋势、明道、优术、笃行，发挥科技创新支撑引领作用，凝聚合力推进交通强国建设。

Handwritten signature in black ink, consisting of the characters '陈平' (Chen Ping) in a cursive style.

2019年8月

前 言

构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，是遏制重特重大事故的重要举措，是解决当前安全生产领域“认不清、想不到、管不到”的突出问题的关键途径，是实现源头治理，本质安全化的根本之道。将隐患排查治理纳入全面风险管理，提供一体化全过程安全管理方法，并以信息化技术予以实现，以期达到提高隐患排查的针对性、高效性和主动预防的科学性，是本书大胆假设、谨慎探索的初衷，相关研究成果在湖北多条高速公路建设安全管理中被逐步验证也给了笔者编著本书的勇气。

全书共分为五章。第一章为安全科学发展概述。通过总结梳理学者们在安全科学发展中的璀璨成果，论述安全管理的阶段性特征，为一体化理论提供基础，查明坐标。第二章为国内外工程安全行业管理概况与借鉴。总结了国内外关于工程建设的行业监管制度建设，管理机制、技术应用，对照公路水运行业的安全管理实际以期达到他山之石的借鉴作用。第三章为风险管控与隐患排查一体化管理理论与方法。提出了一体化管理的定义、内涵和实施流程，建立了以施工进度为主线的全过程三阶段PDCA管理模式。第四章为风险评估实用技术与应用。结合工程案例，总结论述包括但不限于行业相关指南的“辨析估控”四阶段安全风险管控的方法，以为安全工程技术人员提供参考。第五章为一体化信息管理技术。基于现行标准规范，结合工程安全管理经验模式，确定了全过程安全风险管控的风险源类别及不同维度的管理主体和内容，以方便项目参建各方和行业监管部门使用。

生命安全至高无上，人人需要安全、人人参与安全、人人共享安全。对于安全科学这一浩瀚系统工程，笔者只是在前辈已经形成的知识生态中，做

了微小探索与创新。在研究和编著过程中，成平女士在百忙之中对本书的理论部分做了深入指导，其深厚理论造诣使我受益匪浅，严谨的治学精神使我深受感染，在此致以崇高的敬意。陈萍女士对本书风险评估技术部分做了耐心指导和热心帮助，在此表示衷心的感谢！文中工程案例部分，引用笔者负责的一些工程安全咨询项目成果，在此对李然、万福茂、吴忠广、徐钦健、成凯、范玲玲等团队成员的贡献表示衷心的感谢！在论述国内外学者的著述中难免挂一漏万，自著论点因水平有限难免肤浅谬误，敬请读者批评指正！

王海燕

2019年4月于北京



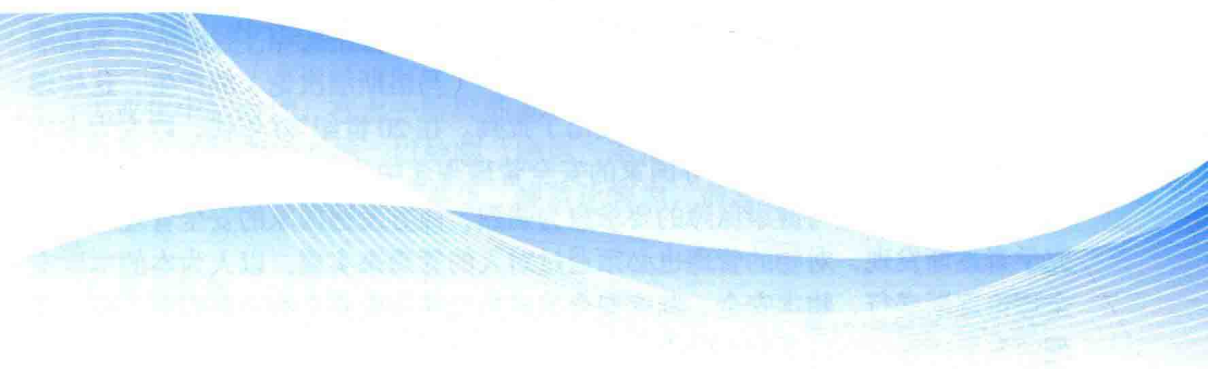
目 录

第一章 安全科学发展概述	001
第一节 安全管理发展历史.....	002
第二节 安全科学公理与定理讨论.....	005
第三节 现代安全风险管理.....	010
第二章 国内外工程安全行业管理概况与借鉴	017
第一节 国外工程安全管理概况.....	018
第二节 国内相关行业安全管理概况.....	023
第三节 公路水运工程建设项目安全管理概况.....	031
第四节 对比分析与经验借鉴.....	040
第三章 风险管控与隐患排查一体化管理理论与方法	045
第一节 背景.....	046
第二节 隐患、风险源与风险的关系.....	047
第三节 一体化管理理论.....	051
第四节 基于风险的施工安全三阶段清单管理模式.....	054
第四章 风险评估实用技术与应用	065
第一节 风险辨识.....	066
第二节 风险分析.....	071
第三节 风险估测.....	076
第四节 风险控制策略.....	083
第五节 动态管控.....	086

第六节 隧道工程施工安全评估应用案例·····	088
第五章 一体化信息管理技术·····	133
第一节 发展背景·····	134
第二节 一体化风险管理模型·····	147
第三节 安全信息化展望·····	154
附件·····	155
附表1 公路水运工程常见施工安全风险评估单元一览表·····	156
附表2 公路桥梁工程施工常见风险源施工典型事故对照表·····	168
附表3 公路隧道工程施工常见风险源施工典型事故对照表·····	169
附表4 公路路堑高边坡工程施工常见风险源施工典型事故对照表·····	169
附表5 公路工程施工安全典型风险源风险分析统计表·····	172
参考文献·····	175

CHAPTER 1 / 第一章

安全科学发展概述



科学是主观认识与客观实际实现具体统一的实践活动。“安全”作为一种意念最早进入人的头脑，进而成为科学是随着人类认识水平的提高逐步形成的。在工业革命之前，人类主要从事农牧业及手工业，对安全的认识是听天由命、无能为力，随着人类认识水平的提高和社会发展的进步，人类认识自然、改造自然的创新能力不断增强，进而形成管理安全，并以安全科学为基础，衍生出不同的安全管理模式。进入 21 世纪以来，安全科学理论、安全管理模式也实现了重大历史突破，推出了本质安全的管理理念，推行全面系统的管理体系，实施超前预防的管理机制。应用合理有效的管理方法，将是现代安全生产科学管理的必然发展趋势。

第一节 安全管理发展历史

安全管理是社会公共管理的重要组成部分，也称安全公共管理科学，是一个庞大的系统工程，涉及社会经济、科技发展的众多领域，已从综合分科跃进到横向综合，成为安全科学这一浩瀚系统工程中的重要组成部分，在其发展历程中分为 4 个阶段，产生了典型的 4 种模式，即事故管理，隐患管理，风险管理和目标管理。在早期的安全管理理念中，以“经济人”假设为基础和前提的物本管理，劳资矛盾也主要源于经济利益的矛盾，忽略人的价值需求，不重视事故、事件等具体物的安全管理，主要以利益至上为主；随着各类理论研究的进步，特别是事故理论等，安全生产的管理才集中在物本管理层面；随着社会的进步，人群关系学、行为科学的出现，特别是 20 世纪 40 年代以梅奥提出的以“社会人”为基础和前提的“人群关系学”，导致“行为科学”（马洛层次论）的产生，这些理论研究在不同程度上都对物本管理提出了批判。在 20 世纪 80 年代，以人为本的人本管理出现在美国、日本等国家的安全管理理念中。进入 21 世纪以来，人们对生活品质 and 生命与健康保障的要求愈为强烈，西方发达国家的安全管理理论研究学者逐渐发现，对物的管理也必须通过对人的管理来实现，以人为本的本质安全理论逐渐盛行，物本安全、制度安全等成为当前本质安全的主要内容。安全管理的发展历程分为以下四个阶段。

一、工业化初期的安全管理

在人类工业发展初期，发展衍生的事故学理论建立在事故致因分析理论、事故模型规律基础上，将事故、事件作为管理对象，推行经验型安全管理方式，此阶段常被称为传统的安全管理阶段。

1. 基本认识

这一时期安全管理的基本出发点是事故，以事故为研究对象和认识目标，主

要是经验论与事后型的安全哲学，是一种逆式思维（从事故后果倒追事件原因）。表现的是头痛医头、就事论事、被动与滞后。

2. 理论体系

这一阶段主要形成或已经起步的理论体系有：

（1）分类法。致因物、原因体系、时间规律、空间特征等。

（2）模型论。因果连锁（多米诺骨牌）模型、综合模型、轨迹交叉模型、人为失误模型、生物节律模型、事故突变模型等。

（3）事故致因理论。事故频发倾向论、能量意外释放论、能量转移论。

（4）事故预测理论。线性回归、趋势外推、规范反馈理论、灾变预测法、灰色预测法等。

（5）事故预防理论。“三E”^①对策理论、事后型对策等。

3. 方法与特征

传统安全管理相关理论的技术特征表现为事故学理论的研究基础是事故分析（调查、处理、报告等）、事故规律的研究（事故统计学），事后整改对策研究主要集中在事后型管理模式、“四不放过”原则（原因、当事人、责任人、措施）等；事故赔偿机制与事故保险制度等方面。主要存在以下问题：

（1）现代工业固有安全性在不断提高，事故率逐步在降低，统计学的样本有局限，使理论发展受限制。

（2）由于现代企业对系统安全性要求不断提高，直接从事事故本身出发研究思路和对策的结果不能满足新的要求。

二、工业化中期的安全管理

工业化中期时代，在上一阶段的基础上发展出技术危险学理论，以技术系统危险性分析为理论基础，以缺陷、隐患、不符合为管理对象，管理特征为超前预防型，这一阶段提出了标准化、规范化管理，通常被称为科学管理的初级阶段。

1. 基本认识

科学管理的初级阶段研究对象以危险和隐患为主。以对事故因果性的认识，对危险和隐患事件链过程的确认，体现事件链的概念。事故系统的超前意识流和动态认识论，确定了人、机、环境、管理事故等作为综合要素的基础理论，并突出主张工程技术硬手段与教育、管理软手段作为综合措施，提出了超前防范和预先评价的概念和思路。

2. 理论体系

这一管理模式应用的主要理论有：

① “3E”指“安全工程技术对策（Engineering）、安全文化对策（Eclucation）和安全管理对策（Enforcement）。”

(1) 系统分析理论。FTA 故障树分析、ETA 事件树分析、SCL 安全检查表技术、FMEA 故障及类型影响分析理论等。

(2) 安全评价理论。安全系统综合分析、安全模糊综合评价、安全灰色系统评价理论。

(3) 隐患控制理论。重大危险源理论、重大隐患控制理论、无隐患管理理论。

3. 方法特征

这一阶段安全管理以制度建设为主，以不符合（制度、规范或标准）或缺陷（隐患）为对象的管理模式，也称缺陷型管理模式，是一种主动超前的管理模式。其作用是在事故发生前针对不符合项或隐患、缺陷进行超前管控，从而避免事故发生。这种模式遵循如下关键技术步骤：查找不符合项隐患→分析成因→探寻关键问题→提出整改方案→实施改进→效果评价。这种模式具有超前管理、提前预防、标本兼治的特点，缺点是系统全面有限、静态方式、实时性差、从上而下、缺乏现场参与、缺乏情景动态风险控制、无合理分级分类等。

三、后工业化的安全管理

在后工业化时代，发展了风险学理论，安全生产科学管理建立在风险控制理论基础上，以系统风险因素为管理对象，具有系统化管理的特征。这一阶段提出的风险辨识、风险评价、风险管控，具有定量性、分级分类管控的特点，应用了预测、预警、预控的方法技术，是安全生产科学管理的高级阶段。

1. 基本认识

研究对象为安全系统，建立了人—物—能量—信息的安全系统要素体系。

2. 理论体系

应用的主要理论有：

(1) 系统分析理论。故障树分析（FTA）、事件树分析（ETA）、安全检查表技术（SCL）、故障及类型影响分析理论（FMEA）等。

(2) 安全评价理论。安全系统综合分析、安全模糊综合评价、安全灰色系统评价理论。

(3) 风险分析理论。风险辨识、风险评价、风险控制理论。

(4) 系统可靠性理论。人机可靠性理论、系统可靠性理论等。

(5) 隐患控制理论。重大危险源理论、重大隐患控制理论、无隐患管理理论。

3. 方法特征

与早期事故学理论相比，有更为有效的方法和对策，如预期型管理模式；有危险分析、危险评价、危险控制的基本方法和过程；推行安全预评价的系统安全工程体现了超前预防、系统综合、主动对策等。

危险分析与风险控制理论，从事事故的因果出发，着眼事故前期事件的控制，对实现超前和预期型的安全对策，提高事故预防的效果有显著意义和作用。但是，

这一理论还缺乏系统性、完整性和综合性。

四、本质安全管理

进入信息化时代，本质安全学理论得以发展。在人类现代工业信息化发展和高技术不断涌现的阶段，需要推进“强科技”的物本安全和“兴文化”的人本安全相结合，发展基于安全原理并以本质安全为目标的管控体系，实现更为科学、合理、有效的安全管理。

1. 基本认识

本质型安全模式也称为预防型管理模式，是一种主动、积极预防事故或灾难发生的管理方式。本质型安全管理模式以本质安全目标为管理对象，其关键的技术步骤是：提出安全目标→分析存在的问题→找出主要问题→制订实施方案→落实方案→评价及目标优化→新的本质安全目标。本质型安全管理模式的特点是全面性、预防性、系统性、科学性的综合策略，缺点是成本高、技术性强，还处于探索阶段。

2. 理论体系

现代安全管理阶段的理论体系还在发展和完善之中，已有的初步体系有：安全哲学原理、安全系统论原理、安全控制论原理、安全信息论原理、安全法学原理、安全经济学原理、安全组织学原理、安全教育学原理、安全工程技术原理等。目前还在发展的体系有：安全仿真实论、安全专家系统、系统灾变理论、本质安全化理论、安全文化理论等。

3. 方法特征

组织思想和本质安全化的认识，要求从系统的本质入手，要求主动、协调、综合、全面的方法论。具体表现为：人的安全本质化、物和环境的本质安全化。

第二节 安全科学公理与定理讨论

安全科学是事故预防的科学，研究的对象是事故，研究的目的是预防事故发生，研究的内容是事故发生发展的规律和预防对策，基础理论是事故致因理论。自工业革命以来，人类运用已经掌握的科学理论、方法以及相关的知识体系和实践经验，对安全生产的规律及其保障条件的认识形成了一系列的理论体系，海因里斯的工业安全理论是早期的代表性理论，在1931年出版的《工业事故预防》中，把对工业事故预防的基本问题的认识概括为工业安全公理，并将其作为企业安全生产的指导理论。

进入21世纪以来，随着安全仿真实论、安全专家系统、系统灾变理论、本质安全化理论、安全文化理论等的发展，以及信息技术的广泛应用，安全科学也

面临着一次新的飞跃，在公共安全科学理论的体系中，对安全科学公理和安全科学定理的研究和探讨一直没有定论。当前我国处于工业化、城镇化快速发展阶段，安全生产困难大、任务艰巨，亟需安全科学技术理论的指导，但目前安全科学在研究对象、研究起点、研究前提和基本概念等方面缺乏一致性，没有形成一个演绎的体系，缺乏公理。国外学者主要研究事故致因理论，例如，Khanzode 等认为，现有理论与危险辨识和风险评估方法是脱节的；Saleh 等提出，理论缺乏多学科交叉，必须开展更多基础研究；Leveson 甚至认为，以往的假设和模型可能是错误的，需基于系统分析方法重新建立安全科学技术的体系。国内学者也致力于安全科学原理理论的研究，例如，罗云等探讨了公共安全科学的公理、定理、定律体系，总结出 5 个公理、5 个定理和 7 个定律；隋鹏程等总结了“可能预防、偶然损失”等 5 个防止事故发生的原理及 10 余个原则；吴超等从学科的综合性的角度讨论了安全科学的 5 个公理：傅贵等提出“一切事故都是有原因的”等 4 个基本规律；毛海峰等讨论了安全问题的要素及相关的 6 个命题。这些研究成果主要总结如下。

一、海因里希工业安全公理

海因里希的工业安全公理共 10 条，所以在我国，该工业安全公理又被称作“海因里希十条”。

(1) 工业生产过程中人员伤亡的发生，往往是处于一系列因果连锁之末端的结果；而事故常常起因于人的不安全行为或（和）机械、物质（统称物）的不安全状态。

(2) 人的不安全行为是大多数工业事故产生的原因。

(3) 由于不安全行为而受到伤害的人，几乎重复了 300 次以上没有造成伤害的同样事故。换言之，人员在受到伤害之前，已经数百次面临来自物的方面的危险。

(4) 在工业事故中，人员受到伤害的严重程度具有随机性质。大多数情况下，人员在事故发生时可以免遭伤害。

(5) 人员产生不安全行为的主要原因有：

- ① 不正确的态度；
- ② 缺乏知识或操作不熟练；
- ③ 身体状况不佳；
- ④ 物的不安全状态及不良环境。

这些原因因素是采取措施预防不安全行为产生的依据。

(6) 防止工业事故的 4 种有效方法是：

- ① 工程技术方面的改进；
- ② 对人员进行说服教育；

③人员调整；

④惩戒。

(7) 防止事故的方法与企业生产管理、成本管理及质量管理的方法类似。

(8) 企业领导者有进行安全工作的能力，并且能把握进行安全工作的时机，因而应承担预防事故工作的责任。

(9) 专业安全人员及车间干部、班组长是预防事故的关键，他们工作的好坏对预防事故工作有重要影响。

(10) 除了人道主义动机之外，下面两种强有力的经济因素也是促使企业安全工作的动力：

①安全的企业生产效率高，不安全的企业生产效率低；

②事故后用于赔偿及医疗费用的直接经济损失，只不过占事故总经济损失的1/5。

二、罗云等关于安全科学公理与定理的探讨

(一) 安全科学公理

公理是事物客观存在及不需要证明的命题。据此，安全科学公理可理解为“人们在安全实践活动中，客观面对的、并无可争论的命题或真理”。安全科学公理是客观、真实的事实，不需要证明或争辩，能够被人们普遍接受，具有客观真理的意义。罗云在2012年提出5大安全科学公理：

1. 公理一：生命安全至高无上

公理一从道义观、珍视生命的情感观和正确的生命价值角度，指出“生命安全在一切事物中，必须置于最高、至上的地位，即要树立‘安全为天，生命为本’的安全理念”。

2. 公理二：事故灾难是安全风险的产物

这一公理的涵义是：事故及公共安全事件的发生取决于安全风险因素的形态及程度，换言之事故灾难是风险因素的函数，风险因素是事故灾难发生及其后果严重程度的变量。该公理表明了安全的本质性或根本性，指出“事故灾难是安全风险的产物”是客观的事实。

3. 公理三：安全是相对的

这一公理的涵义是：人类创造和实现的公共安全状态和条件是动态变化的，公共安全的程度和水平是相对法规与标准要求、社会与行业需要存在的。安全没有绝对，只有相对；安全没有最好，只有更好；安全没有终点，只有起点。安全的相对性是安全社会属性的具体表现，是安全的基本而重要的特性。

4. 公理四：危险是客观的

这一公理的涵义是：社会生活、公共生活和工业生产过程中，来自于技术与自然系统的危险因素是客观存在的。危险因素的客观性决定了安全科学技术需要