

“十三五”国家重点图书出版规划项目 | 城市安全风险管控丛书

编委会主任:王德学 总主编:钟志华 执行总主编:孙建平

# 城市地下空间开发建设风险防控

## Risk Prevention and Control of Underground Space Development and Construction in Urban Areas

陈丽蓉·顾国荣 主 编 杨石飞 副主编

 同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

城市安全风险管理丛书

编委会主任：王德学 总主编：钟志华 执行总主编：孙建平

# 城市地下空间开发建设风险防控

## Risk Prevention and Control of Underground Space Development and Construction in Urban Areas

陈丽蓉 顾国荣 主编 杨石飞 副主编



## 图书在版编目(CIP)数据

城市地下空间开发建设风险防控 = Risk Prevention and Control of Underground Space Development and Construction in Urban Areas / 陈丽蓉, 顾国荣主编

.—上海: 同济大学出版社, 2018.11

(城市安全风险管理体系丛书)

“十三五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-5608-8197-3

I. ①城… II. ①陈… ②顾… III. ①地下建筑物—城市规划—风险控制—研究 IV. ①TU984.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 248650 号

“十三五”国家重点图书出版规划项目

城市安全风险管理体系丛书

## 城市地下空间开发建设风险防控

Risk Prevention and Control of Underground Space Development and Construction in Urban Areas

陈丽蓉 顾国荣 主编 杨石飞 副主编

出品人: 华春荣

策划编辑: 高晓辉 吕 炜 马继兰

责任编辑: 李 杰 陆克丽霞

责任校对: 徐春莲

装帧设计: 陈益平

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)  
(上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)  
经 销 全国各地新华书店、建筑书店、网络书店  
排 版 南京新翰博图文制作有限公司  
印 刷 上海安兴汇东纸业有限公司  
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16  
印 张 15.75  
字 数 393 000  
版 次 2018 年 11 月第 1 版 2018 年 11 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5608-8197-3  
定 价 88.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

# 内容提要

---

本书总结了近年来国内外城市地下空间开发的研究成果和工程实践经验,梳理了针对地下空间开发建设的风险评估理论及标准,构建了基于地质环境风险、技术风险、管理风险和社会稳定风险的地下空间开发建设全过程风险评估体系,系统论述了水土、桩、基坑及隧道等不同对象在城市地下空间开发建设过程中存在的技术风险,并阐述了地下空间开发建设在程序、投资及进度方面的管理风险,探索了以城市安全为重点的地下空间开发建设全过程社会稳定风险。结合上海工程实践,重点介绍了融合信息化技术的风险防控平台以及上海地区与保险相结合的工程质量风险管理新模式。针对城市地下空间开发向深层和水平网络化拓展的趋势,展望了未来地下空间开发建设新的风险与挑战。

本书列举了众多地下空间开发建设风险评估及防控经典案例,介绍了诸多防控地下空间开发建设风险的信息化手段,可供相关从业人员及高等院校相关专业师生学习参考。

---

# 作者简介

---

## 陈丽蓉

女,教授级高工,上海勘察设计研究院(集团)有限公司董事长、党委副书记,兼任中国勘察设计协会工程勘察与岩土分会副会长,上海市勘察设计行业协会工程勘察与岩土分会会长,上海市住房和城乡建设管理委员会科学技术委员会轨道交通专业委员会委员,上海环境岩土工程技术研究中心主任等。专业从事地下工程勘察设计、技术研发、评估咨询和技术管理等工作三十余载,主持和参与多项科技攻关项目,具有丰富的工程经验,同时也是行业领军人物。曾获评“上海市重大工程立功竞赛建设功臣”“上海市重大工程立功竞赛优秀组织者”“全国勘察设计行业优秀企业家”“全国勘察设计行业最美女院长”等。

## 顾国荣

男,国家勘察设计大师,上海勘察设计研究院(集团)有限公司技术总监、副总裁,兼任上海市住房和城乡建设管理委员会科学技术委员会副主任,中国建筑学会工程勘察分会副理事长,上海地质学会副理事长。长期从事软土地区岩土工程的理论研究和工程实践,曾负责上海中心大厦、上海金茂大厦、浦东国际机场、上海世博园、上海虹桥综合枢纽等数百项重大工程,其中80余项工程被评为国家/市/行业优秀工程。曾主编《桩基优化设计与施工新技术》等专业著作,主编及参编《岩土工程勘察规范》《地基基础设计规范》《建筑桩基技术规范》等地方或行业规范20余项。

---

# “城市安全风险管理体系丛书”编委会

编委会主任 王德学

总 主 编 钟志华

编委会副主任 徐祖远 周延礼 李逸平 方守恩 沈 骏 李东序  
陈兰华 吴慧娟 王晋中

执行总主编 孙建平

编委会成员 (按姓氏笔画排序)

丁 辉 于福林 马 骏 马坚泓 王以中 白廷辉  
乔延军 伍爱群 任纪善 刘 军 刘 坚 刘 斌  
刘铁民 江小龙 李 垣 李 超 李寿祥 杨 韬  
杨引明 杨晓东 吴 兵 何品伟 张永刚 张燕平  
陈 辰 陈丽蓉 陈振林 武 浩 武景林 范 军  
金福安 周 淮 周 嵘 单耀晓 胡芳亮 侯建设  
秦宝华 顾 越 柴志坤 徐 斌 凌建明 高 欣  
郭海鹏 涂辉招 黄 涛 崔明华 盖博华 鲍荣清  
蔡义鸿

# 《城市地下空间开发建设风险防控》编撰人员

主 编 陈丽蓉 顾国荣

副 主 编 杨石飞

编 撰 孙 莉 苏 辉 刘 铭 许 杰 刘 枫 梁振宁  
路家峰 张 静 尚颖霞 王 蓉 孙 健 潘 华  
戴加东 董月英 曹一峰 梁 静 樊向阳 周 宇  
何旖斐 张勤芳

# 总序

---

浩荡 40 载,悠悠城市梦。一部改革开放砥砺奋进的历史,一段中国波澜壮阔的城市化历程。40 年风雨兼程,40 载沧桑巨变,中国城镇化率从 1978 年的 17.9% 提高到 2017 年的 58.52%,城市数量由 193 个增加到 661 个(截至 2017 年年末),城镇人口增长近 4 倍,目前户籍人口超过 100 万的城市已经超过 150 个,大型、特大型城市的数量仍在不断增加,正加速形成的城市群、都市圈成为带动中国经济快速增长和参与国际经济合作与竞争的主要平台。但城市风险与城市化相伴而生,城市规模的不断扩大、人口数量的不断增长使得越来越多的城市已经或者正在成为一个庞大且复杂的运行系统,城市问题或城市危机逐渐演变成了城市风险。特别是我国用 40 年时间完成了西方发达国家一二百年的城市化进程,史上规模最大、速度最快的城市化基本特征,决定了我国城市安全风险更大、更集聚,一系列安全事故令人触目惊心,北京大兴区西红门镇的大火、天津港的“8·12”爆炸事故、上海“12·31”外滩踩踏事故、深圳“12·20”滑坡灾害事故,等等,昭示着我们国家面临着从安全管理 1.0 向应急管理 2.0 及至城市风险管理 3.0 的方向迈进的时代选择,有效防控城市中的安全风险已经成为城市发展的重要任务。

为此,党的十九大报告提出,要“坚持总体国家安全观”的基本方略,强调“统筹发展和安全,增强忧患意识,做到居安思危,是我们党治国理政的一个重大原则”,要“更加自觉地防范各种风险,坚决战胜一切在政治、经济、文化、社会等领域和自然界出现的困难和挑战”。中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于推进城市安全发展的意见》,明确了城市安全发展总目标的时间表:到 2020 年,城市安全发展取得明显进展,建成一批与全面建成小康社会目标相适应的安全发展示范城市;在深入推进示范创建的基础上,到 2035 年,城市安全发展体系更加完善,安全文明程度显著提升,建成与基本实现社会主义现代化相适应的安全发展城市。

然而,受制于一直以来的习惯性思维影响,当前我国城市公共安全管理重点还停留在发生事故的应急处置上,突出表现为“重应急、轻预防”,导致对风险防控的重要性认识不足,没有从城市公共安全管理战略高度对城市风险防控进行统一谋划和系统化设计。新时代要有新思路,城市安全管理迫切需要由“强化安全生产管理和监督,有效遏制重特大安全事故,完善突发事件应急管理体制”向“健全公共安全体系,完善安全生产责任制,坚决遏制重特大安全事故,提升防灾减灾救灾能力”转变,城市风险管理已经成为城市快速转型阶段的新课题、新挑战。

理论指导实践,“城市安全风险管理体系丛书”(以下简称“丛书”)应运而生。“丛书”结合城市安

全管理应急救援与城市风险管理的具体实践,重点围绕城市运行中的传统和非传统风险等热点、痛点,对城市风险管理理论与实践进行系统化阐述,涉及城市风险管理的各个领域,涵盖城市建设、城市水资源、城市生态环境、城市地下空间、城市社会风险、城市地下管线、城市气象灾害以及城市高铁运营与维护等各个方面。“丛书”提出了城市管理新思路、新举措,虽然还未能穷尽城市风险的所有方面,但比较重要的领域基本上都有所涵盖,相信能够解城市风险管理人士之所需,对城市风险管理实践工作也具有重要的指南指引与参考借鉴作用。

“丛书”编撰汇集了行业内一批长期从事风险管理、应急救援、安全管理等领域工作或研究的业界专家、高校学者,依托同济大学丰富的教学和科研资源,完成了若干以此为指南的课题研究和实践探索。“丛书”已获批“十三五”国家重点图书出版规划项目并入选上海市文教结合“高校服务国家重大战略出版工程”项目,是一部拥有完整理论体系的教科书和有技术性、操作性的工具书。“丛书”的出版填补了城市风险管理作为新兴学科、交叉学科在系统教材上的空白,对提高城市管理理论研究、丰富城市管理内容,对提升城市风险管理水平和推进国家治理体系建设均有着重要意义。



中国工程院院士

2018年9月

# 序言

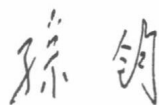
---

习近平总书记在 2016 年全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上都明确指出“向地球深部进军是我们必须解决的战略科技问题”。“十三五”期间,我国深地探测战略成为国土资源战略的主攻方向,城市地下空间开发建设已成为国家重大发展战略的组成部分。

目前,我国城市地下空间的总体规模和总量已位居世界首位,城市发展越来越向地下“要”空间,上海的“根”也正向地下越扎越深,但开发利用总体上仍显不足,利用形式也多以地下交通为主,与国外先进国家高速发展中的技术进步情况存在一定差距。在城市地下空间开发建设过程中,由于涉及部门多、涵盖领域广、支撑学科相互交叉等现实原因,导致社会对城市地下空间开发建设风险的认知与防范也多有不足,亟须理论、技术创新,以帮助识别、分析、评价、管控风险,最终规避工程项目全生命周期中无处不在、无时不有的各类风险。

基于这样的背景,《城市地下空间开发建设风险防控》一书的出版可谓正当其时。本书编写团队以其对地下工程数十年来的深厚专业底蕴以及积累的大量工程实践,详细论述了桩体、基坑和隧道等不同对象在开发建设过程中存在的技术风险,研判了各类地下空间开发存在的管理风险,重点关注了社会稳定风险,并辅以丰富的地下空间开发工程经验,尝试构建城市地下空间开发风险的评估体系,倡导政府主导、市场主体、社会主动的“多元共治”城市风险长效管控制机制,探索“以事件中心”向“以风险为中心”转变,从单纯“事后应急”向“事前科学预防”“事中有效控制”“事后及时救济”转变的风险管理举措,为进一步降低城市地下空间开发建设中的各类风险做出了有益的探索。

学术和工程业界都有共识:探究科学的道路就是理论转化为工程实践的过程,这条路既充满趣味也要艰苦攀登,不可能一蹴而就,要踏实地付出辛劳努力,才能逐步求得解决实际问题的真谛。本书是一本参考书,也是一本工具用书,它富有学术、技术上的前瞻性,对重大地下工程具有指导意义。本书的付梓问世有望成为相关专业人员和高校相关专业师生参考学习的良师益友。是为序。



2018 年国庆前夕,于同济园

孙钧先生,同济大学一级荣誉教授、中国科学院(技术科学学部)资深院士

# 前言

---

城市地下空间开发建设是缓解城市土地资源紧张的必要措施,对于推动城市由外延扩张式向内涵提升式转变,改善城市环境,提高城市综合承载能力具有重要意义。由于地下工程具有投资大、施工周期长、施工技术复杂、不可预见性强和社会环境影响大等特点,因而与发展规模同步增长的是在开发建设过程中日益增长的风险。在上海市 2005 年正式列出的可能危害城市安全的七大新灾源中,地下空间开发建设的相关灾害位列第二。

目前,社会对城市地下空间开发建设风险的认知与其发展速度并不匹配,地下工程参建各方对风险管理认识不足,多各行其是,没有形成多元共治的机制,并且风险评估多是静态的,无法反映地下工程建设全过程的动态风险变化。在目前地下空间开发深度、规模不断扩大的发展趋势下,迫切需要对建设过程中的技术、管理、社会稳定等风险进行梳理,并提出切实有效的防控措施,助力城市精细化管理能力和水平提升。

本书总结了近年来国内外城市地下空间开发建设的研究成果和工程实践经验,将地下空间开发建设风险分为地质环境风险、技术风险、管理风险和社会稳定风险四大类,结合工程案例,分别进行了主要风险源的识别和风险评估,并提出了相对应的风险防控措施,形成了较为完整的城市地下空间开发建设风险防控流程,具有较强的工程实践指导作用;以上海为例,介绍了基于“互联网+”的地下空间风险管控平台和基于保险的工程质量风险管理机构;探索了地下空间开发建设动态风险管理模式和多元共治的风险防控机制;最后,在地下空间开发向更深层和水平网络化拓展的趋势下,对新风险、新挑战以及防控对策提出了一些展望。

本书涉及的研究成果是在上海市社会发展领域重点科技攻关项目(编号:10231203500)和上海市住房和城乡建设管理委员会“十一五”重大科研项目计划(编号:重科 2010-007)的资助下完成的。

本书由陈丽蓉、顾国荣任主编,杨石飞任副主编,参加各章节编写和审核工作的有:孙莉、苏辉、刘铭、刘枫、许杰、梁振宁、路家峰、张静、尚颖霞、王蓉、孙健、潘华、戴加东、董月英、曹一峰、梁静、樊向阳、周宇、何旖斐、张勤芳。

衷心感谢孙钧院士为本书写序,并在本书编写过程中给予诸多指导和帮助。

感谢同济大学出版社对本书出版发行的大力支持以及所做的辛勤工作。

本书是“十三五”国家重点图书出版规划项目“城市安全风险管理体系丛书”中的一本,在此对有关方面的大力支持一并表示感谢。

由于时间和水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者不吝指正。

本书编写组

2018年9月

# 目录

---

总序  
序言  
前言

<b>1 绪论</b> .....	1
1.1 城市地下空间概述 .....	1
1.1.1 城市地下空间的定义 .....	1
1.1.2 城市地下空间的类型 .....	1
1.1.3 城市地下空间的优点 .....	1
1.2 城市地下空间开发建设现状 .....	2
1.2.1 总体发展现状 .....	2
1.2.2 上海地下空间开发建设现状 .....	4
1.2.3 城市地下空间开发特点 .....	6
1.2.4 城市地下空间开发事故教训 .....	8
1.3 城市地下空间开发安全风险管理 .....	10
1.3.1 风险的概念 .....	10
1.3.2 传统风险管理理论 .....	11
1.3.3 城市安全风险管理的提出 .....	12
1.3.4 城市安全风险管理理念 .....	12
1.3.5 城市地下空间开发建设风险 .....	15
1.4 城市地下空间开发建设风险管理体系 .....	16
1.4.1 城市地下空间开发建设风险管理内容 .....	17
1.4.2 城市地下空间开发建设风险评估标准 .....	17
1.4.3 城市地下空间开发建设风险评估方法 .....	18
1.5 城市地下空间开发建设风险管理路线 .....	24
1.6 小结 .....	25
<b>2 城市地下空间地质环境风险</b> .....	26
2.1 引言 .....	26
2.2 上海地质环境 .....	27

2.2.1	工程地质条件	27
2.2.2	水文地质条件	33
2.2.3	地质结构类型的划分	35
2.3	上海地下空间开发地质风险识别	37
2.3.1	土的风险源识别	37
2.3.2	地下水风险源识别	41
2.3.3	主要地质风险事件	44
2.4	地质风险评估	53
2.4.1	地质风险评估方法	53
2.4.2	地质风险定性化评估	55
2.4.3	地质风险的控制措施	64
2.5	案例分析	67
2.5.1	工程概况	67
2.5.2	工程地质及水文地质条件	67
2.5.3	地质风险识别	68
2.5.4	地质风险评估	72
2.5.5	地质风险控制措施	74
2.6	小结	75
3	城市地下空间开发建设技术风险	77
3.1	引言	77
3.2	桩基工程风险	79
3.2.1	桩基事故分析	79
3.2.2	桩基风险源识别与评估	83
3.2.3	桩基风险控制措施	87
3.3	基坑工程风险	89
3.3.1	基坑事故分析	89
3.3.2	基坑风险源识别与评估	93
3.3.3	基坑风险控制措施	98
3.4	隧道工程风险	100
3.4.1	隧道事故分析	100
3.4.2	隧道风险源识别与评估	102
3.4.3	隧道风险控制措施	105
3.5	案例分析	109
3.5.1	工程概况	109

3.5.2	风险识别与评估	111
3.5.3	风险控制措施	115
3.6	小结	116
<b>4</b>	<b>城市地下空间开发建设管理风险</b>	<b>117</b>
4.1	引言	117
4.1.1	城市地下空间开发建设管理的现状与问题	117
4.1.2	城市地下空间开发建设管理风险防控的特点与必要性	118
4.2	城市地下空间开发建设的程序风险	120
4.2.1	城市地下空间开发建设程序	120
4.2.2	城市地下空间开发建设程序风险识别与评估	122
4.2.3	城市地下空间开发建设程序风险控制措施	124
4.3	城市地下空间开发建设的投资风险	125
4.3.1	城市地下空间开发建设投资	125
4.3.2	城市地下空间开发建设投资风险识别与评估	126
4.3.3	城市地下空间开发建设投资风险控制措施	127
4.4	城市地下空间开发建设的进度风险	129
4.4.1	城市地下空间开发建设进度风险识别与评估	130
4.4.2	城市地下空间开发建设进度风险控制措施	131
4.5	城市地下空间开发建设的职业健康风险	133
4.5.1	城市地下空间开发建设职业健康风险识别与评估	133
4.5.2	城市地下空间开发建设职业健康风险控制措施	134
4.6	案例分析	135
4.6.1	项目概况	135
4.6.2	项目管理风险的识别	135
4.6.3	项目管理风险的评估	136
4.6.4	项目管理风险的控制措施	139
4.7	小结	141
<b>5</b>	<b>城市地下空间开发建设社会稳定风险</b>	<b>142</b>
5.1	引言	142
5.1.1	社会稳定风险的定义与背景	142
5.1.2	城市地下空间开发建设社会稳定风险评估的必要性	143
5.2	社会稳定风险的评估要素	143
5.2.1	社会稳定风险评估的目的	143
5.2.2	社会稳定风险评估的原则	144

5.2.3	社会稳定风险评估的程序	145
5.2.4	社会稳定风险评估的要求	145
5.3	社会稳定风险的评估方法	147
5.3.1	城市地下空间开发建设社会稳定风险调查	147
5.3.2	城市地下空间开发建设社会稳定风险识别	149
5.3.3	城市地下空间开发建设社会稳定风险评估及综合评判	153
5.3.4	城市地下空间开发建设社会稳定风险控制对策	158
5.4	案例分析	160
5.4.1	项目概述	161
5.4.2	项目社会稳定风险调查	162
5.4.3	项目社会稳定风险识别	164
5.4.4	项目社会稳定风险评估与综合评判	164
5.4.5	项目社会稳定风险控制对策	165
5.4.6	项目社会稳定风险评估结论与建议	167
5.5	小结	169
6	城市地下空间开发建设信息化风险管控平台	170
6.1	引言	170
6.1.1	发展现状与趋势	170
6.1.2	需求分析	175
6.2	基于“互联网+动态监测”的地下工程风险管控平台	177
6.2.1	概述	177
6.2.2	传统监测方法与自动化监测方法	178
6.2.3	城市地下空间工程远程自动化监测服务平台	182
6.2.4	城市地下空间工程远程自动化监测服务平台应用案例	187
6.3	基于“互联网+项目现场管理”的地下工程风险管控平台	196
6.3.1	概述	196
6.3.2	地下工程项目现场管理与风险管控平台	197
6.3.3	地下工程项目现场管理与风险管控平台应用案例	201
6.4	小结	207
7	城市地下空间开发建设风险管控模式与机制	208
7.1	动态风险管理模式	208
7.1.1	动态风险管理模式的提出	208
7.1.2	动态风险管理的流程	208
7.1.3	动态风险管理的特点	209

7.1.4	动态风险管理应用案例 .....	210
7.2	多元共治的风险防控机制 .....	213
7.2.1	多元共治机制的概念 .....	213
7.2.2	多元共治存在的问题 .....	214
7.2.3	多元共治的各方主体作用 .....	215
7.3	上海建设工程质量风险管理新模式 .....	217
7.3.1	建设工程质量风险管理的背景 .....	217
7.3.2	工程质量风险管理机构服务新模式 .....	218
7.3.3	建设工程质量安全风险管理实施现状 .....	225
<b>8</b>	<b>城市地下空间开发建设的新挑战与展望</b> .....	<b>227</b>
8.1	城市地下空间开发趋势 .....	227
8.1.1	深层地下空间开发 .....	227
8.1.2	地下空间水平网络化拓展 .....	228
8.1.3	新风险与新挑战 .....	229
8.2	展望 .....	230
8.3	小结 .....	231
	<b>参考文献</b> .....	<b>232</b>
	<b>名词索引</b> .....	<b>233</b>