

“十一五”国家重点图书

# 城市地下工程建设 安全风险及其控制

张顶立 著

SAFETY RISKS AND CORRESPONDING  
CONTROL MEASURES  
OF URBAN UNDERGROUND ENGINEERING CONSTRUCTION



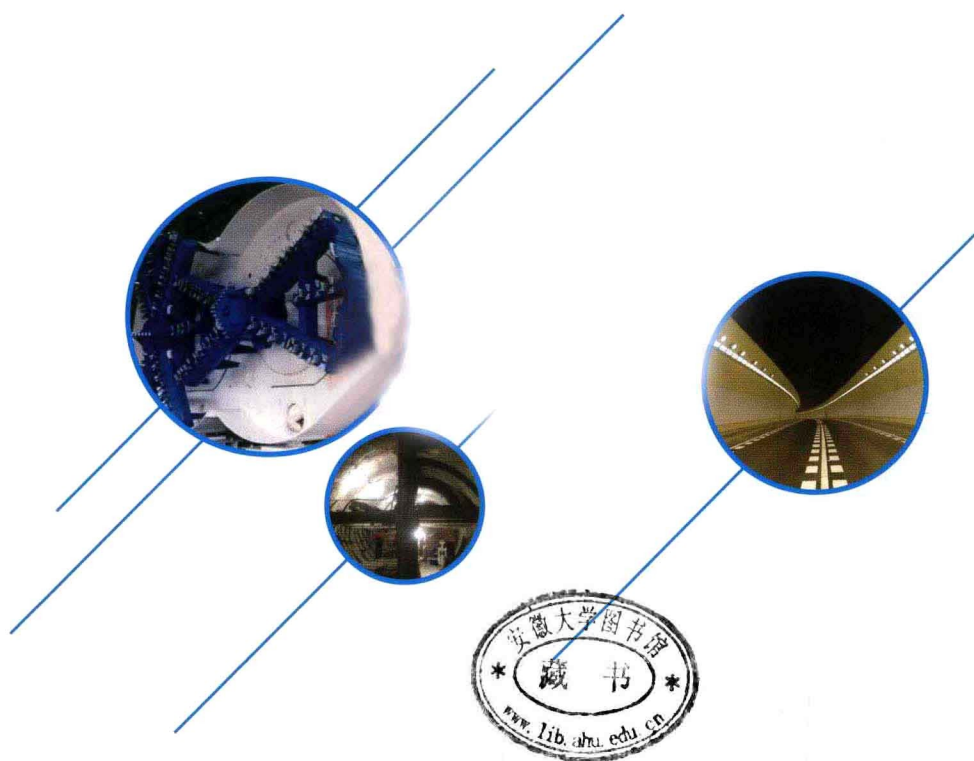
化学工业出版社

“十一五”国家重点图书

# 城市地下工程建设 安全风险及其控制

张顶立 著

SAFETY RISKS AND CORRESPONDING  
CONTROL MEASURES  
OF URBAN UNDERGROUND ENGINEERING CONSTRUCTION



化学工业出版社

·北京·



本书系统介绍了作者近十年来在城市地下工程安全性控制方面的研究成果。作者提出以地层变形控制为核心的学术思想，建立了基于关键技术的安全风险控制体系，主要包括城市地下工程事故类型分析，地层变形宏微观机制和特点，地层与结构的动态作用模式，安全风险的分析、评估、控制与监测方法，以及基于地层与结构变位分配的过程控制和结构状态恢复理论与关键技术。结合城市地下工程特点，重点介绍了复杂大型地铁车站的安全建造，以及隧道穿越桥梁桩基、地下管线、复杂建筑物和既有地铁构筑物的过程控制实践。书中的相关研究成果已在多项城市地下工程得到了成功应用，取得了显著的经济、社会和环境效益，形成了我国城市地下工程安全风险控制的重要技术模式。

本书可供广大从事隧道及地下工程设计、施工、监理和建设管理的工程技术人员参考，也可作为高等学校相关专业本科生和研究生的专业教材。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

城市地下工程建设安全风险及其控制 / 张顶立著.  
北京: 化学工业出版社, 2012. 3  
(“十一五”国家重点图书)  
ISBN 978-7-122-13337-3

I. 城… II. 张… III. 城市建设-地下工程-安全管理 IV. TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 015669 号

---

责任编辑: 陈 蕾  
责任校对: 徐贞珍

文字编辑: 冯国庆  
装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印 装: 北京画中画印刷有限公司  
787mm × 1092mm 1/16 印张24 $\frac{1}{4}$  字数601千字 2012年10月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 158.00元

版权所有 违者必究



# Forward

## 序(一)

在城市地下空间大开发的过程中，作为地下工程建设核心，安全风险管得到了越来越多的重视，这也是工程建设的难点和重点。传统的隧道工程建设安全风险控制多是基于工程经验的总结，并紧密结合监控量测与反馈方法进行的，这在以往的工程建设中起到了重要的作用。随着地下空间开发力度的加大，建设速度的加快，以及环境条件更加复杂多变，以工程经验为主体的安全风险管面临严峻的挑战，近十余年来我国在新建城市地铁及地下工程建设中出现过多起安全事故，其主要原因就是缺乏对安全事故发生机理及演化过程的系统认识，同时对安全风险在包括规划、勘测设计、工程招标、施工和运营5个阶段的风险转化和累积效应重视不够，进而影响到控制方案的可靠性。

随着我国城市轨道交通和地下工程建设规模的加大，不同城市的地层与环境条件及其相互作用更加复杂，这对城市地下工程的安全性也提出了更高的要求。在这方面，国外多是以理念的建立和定性研究为主，更多的是侧重于结构与岩土材料的可靠度计算方法，缺乏可操作性；国内则侧重于监控量测、数值模拟分析以及监控量测方法和软件方面的研究，并依据经验标准对其安全性进行评价，难以适应复杂多变的工程和环境条件。

诚如本书所言，目前制约城市地下工程安全性控制的关键是方案决策的科学化、设计施工的精细化和管理的规范化等三个方面的有机结合，安全性的科学分析是基础，也是实现精细化施工和规范化管理的技术保障。本书作者张顶立教授提出变形控制的学术思想，带领研究团队以工程为依托，注重研究成果的工程应用，对安全事故的发生机理和控制理论进行了多年的理论与实践，形成了较为系统的认识，主要表现为：①基于“地层-结构”的动态作用分析，提出了既有结构控制标准的精细化确定方法；②创新了地层与结构变位分配的原理和方法，实现了安全性的动态过程控制；③建立了结构物注浆抬升机理分析模型，形成了系统的关键技术，使复杂的城市隧道穿越工程得以可靠的实现。以此为基础形成了较为完整的安全风险控制体系，成为本书的核心内容。

该书的出版将对整体提升我国城市地下工程建设的安全性控制水平起到积极的推动作用，同时也祈望将隧道及地下工程相关理论研究工作引向深入，实现理论与实践的深层次融合，并形成可操作的技术和工法，进而成为我国隧道及地下工程理论体系的重要内容。





# Foreword

## 序(二)

随着经济社会的持续快速发展和城市化进程的加快,我国的城市轨道交通事业得到了迅猛的发展,目前全国已有33个城市正在或即将修建城市轨道交通工程。考虑到各地工程地质、水文地质条件和建设环境的差异性和复杂性,以及工程影响的不确定性,在城市轨道交通工程建设,尤其是地下工程建设中存在较大的安全风险。事实上,安全风险存在于城市轨道交通工程建设的全过程,包括前期规划、工程设计和施工建造等,每个阶段的安全风险则具有不同的特点和表现形式,因此其控制的难点和重点也各不相同。实现工程建设前期安全风险评估的精细化是避免重大安全事故的保障,将安全风险评估工作提前做实不仅使后期的控制方案更具针对性,也是控制工程造价的重要举措。这在多项城市轨道交通工程中已得到验证。

张顶立教授提出以变形控制为核心的学术思想,基于“施工引起地层变形—地层与结构动态作用—结构变形控制标准与对策”的观点和认识,带领研究团队经过近十年的研究和实践,形成了系统的研究成果:基于地层与结构的动态作用特点,提出了地层与结构变形控制标准的确定方法;针对隧道施工的力学转换特点及时空效应,建立了地层与结构变位分配的过程控制体系;按照结构变形恢复原理,提出了以注浆抬升为主体的结构动态控制技术,使结构变形的过程修复成为可能,由此形成了关键技术为主导的安全风险控制体系。与传统的工程经验控制方法相比,该控制体系在科学性和精细化方面取得了重大进步,为城市轨道交通及地下工程建设的规范化管理奠定了基础。

本书是作者近十年来理论研究和实践应用成果的系统总结,强调理论与工程实际的紧密结合构成了本书的重要特点,作者不仅深化了理论研究,而且明确了技术的内涵和发展方向,是对浅埋暗挖技术体系的发展和完善。可见,本书对在轨道交通和地下空间开发领域从事规划、设计、施工、监理和建设管理的工程技术人员具有重要的参考价值,也是从事相关专业研究人员的重要参考书。

本书的出版对我国目前如火如荼的城市轨道交通建设,以及城市地下空间开发和利用具有重要的促进作用,可望对轨道交通的线网规划、结构设计、工法选择、控制标准的制定以及建设过程的安全性控制提供可靠的技术保障。

张顶立



城市地下工程通常是指修建于地面以下的城市工程，包括城市地铁隧道、地下专用线及地下市政基础设施等，承载着重要的城市功能。由于城市环境复杂、地面及地下建（构）筑物密布并且工程活动频繁，使得城市地下工程建设期间蕴含着不可忽视的安全风险。城市地下工程风险是指工程在规划、设计、施工和运营的全过程中，安全风险事件可能导致的损失所造成工程项目的实际建设目标与预期建设目标之间的差异程度。差异程度越大，则安全风险越大，反之则越小。安全风险通常是指发生某种安全事故及其产生损失的各种可能情况的总和。

随着我国城市化进程的迅速加快，以城市轨道交通建设为主导的城市地下空间开发已进入高潮，为此将修建大量的地下工程。由于特殊的地理位置，城市地下工程通常是在软弱地层中施工，而且周边环境又极为复杂，存在较大的不确定性和安全风险。事实上，近年来国内外的城市地下工程建设中出现了多起安全事故，造成了严重的社会影响和重大的经济损失，究其原因主要在于：①没有从本质上认识安全事故的演化过程及形成机理，使得控制对策缺乏科学性；②某些核心技术没有实现突破，制约了整体技术水平的提高；③目前的安全性控制仍是以经验为主体，使得工程安全难以做到完全受控。这客观上已成为城市地下工程大规模建设中所面临的重要技术难题，由此也引起社会各界和政府有关部门的广泛关注。

近30年来，隧道及地下工程风险分析及应用研究得到了较大的发展，但在国外多以理念的建立和定性研究为主，定量的研究主要侧重于结构和岩土体介质材料的可靠度计算方法，缺乏可操作性；国内则侧重于监控量测、数值模拟分析以及监控量测方法和软件方面的研究，并依据经验标准对其安全性进行评价，过多地注重监测数据的信息化处理，具有明显的局限性。

隧道及地下工程的安全风险主要表现为工程结构自身安全风险和环境安全风险两个方面，而城市地下工程则以环境安全风险更为突出，也是风险控制的难点和重点。本质上，对安全事故的有效防控取决于对事故及灾变发生机理以及演化、孕育过程的深入认识。安全事故的发生是工程、结构、地层与环境综合作用的结果，而安全风险控制的关键在于针对不同类型的安全事故，进行系统的风险分析、评估、控制和监测，实现对工程建设全过程的风险控制。

由于城市环境和工程条件的复杂性，对地下工程的施工影响极其敏感，地下工程活动所引起的地层变形是造成环境安全事故的根源。因此，城市地下工程安全风险的控制应从隧道施工引起的地层变形机理和灾害发生机制出发，在系统分析“隧道开挖—地层变形—结构损害”相互作用关系的基础上，建立起基于技术主导的安全风险控制体系，提出“以结构现状评估为基础、以地层变形控制为核心、以地层加固和过程监测为重点、以工程建设安全为目标”的安全风险控制总体思路，实现对工程建设过程的动态控制。

以城市地下工程及其环境影响作为研究对象，在传统经验型控制方法的基础上，综合运用力学、工程灾害和工程管理等相关学科的研究成果，提出了基于关键技术的安全性系统控制方法，实现了城市地下工程建设安全性控制的技术突破，其创新性主要表现为：①基于系统论的观点，



明确提出了包括结构现状安全性评估、影响预测及施工方案优化、过程控制方案制定、监控信息反馈和工后评估及恢复在内的5阶段安全风险控制方法,实现了工程建设管理的规范化;②基于地层变形机理和隧道支护结构可靠性的理论分析,将地表沉降控制标准由30mm调整为60mm,使其更加科学合理;③基于隧道施工过程力学的原理,建立了地层与结构变位分配的系统理论与方法,做到了毫米量级的分阶段控制,实现了精细化设计和施工;④基于注浆抬升机理的分析,提出了4步骤的注浆模式,形成了以注浆为主体,可控制的结构变形恢复关键技术,使重要结构物的过程修复成为可能;⑤通过地层与结构动态作用关系的分析,明确了安全事故和灾害类型及其形成机理,并提出了相应的控制技术对策。由此实现了对工程建设过程的系统动态控制,整体提升了城市地下工程安全性控制的科学和技术水平。

城市地下工程建设中的安全事故是由地层变形所诱发,而地层与结构的动态作用关系则是安全性评估和控制的基础,由此所形成的安全风险控制体系适用于城市地表及地层中的各种建(构)筑物,包括地下管线、桥梁桩基、建筑物基础及既有轨道交通构筑物等。本书系统介绍了城市隧道穿越多种建(构)筑物的风险评估、对策和控制实践,期望对类似工程有所借鉴。

本书的主要特色在于:①强调以地层变形控制为核心,突出了城市地下工程安全性的本质特征,可实现从基本原理上对安全风险的科学化控制;②具有坚实的基础理论和核心技术作支撑,实现了技术创新和突破,由此建立起技术主导型的安全风险控制体系;③与以往主要基于风险分析和评估的管理系统相比,本书更强调安全风险的过程控制和技术控制,并且做到阶段目标分解和量化设计,提高了安全风险控制的层次;④明确提出了“分类指导、分级管理和典型示范、推广完善”的风险控制理念,开发了城市地下工程建设安全监测及风险控制软件系统,并编制了相应的规程、规范和技术指南,可适应大规模工程建设的需要;⑤强调工前评估和工后评估,并与工程加固和结构修复相结合,提高了成果的系统性和完整性。目前该项研究成果已在多项城市的地下工程建设中得到了成功应用,效果非常显著,取得了巨大的经济效益、社会效益及环境效益。

今后10~20年内,我国的城市地下空间开发和利用将处于高潮期,安全性控制仍将是其最核心的内容。城市地下工程将逐渐向多功能、复杂化和综合利用方向发展,所带来的安全性问题也将更加突出,如埋深增大后造成地层稳定性和结构水压力的控制、大规模复杂结构的建造方法和安全监控、地下空间结构的灾变防治等问题将更加突出。

本书的研究工作得到了国家重点基础研究发展计划(973计划)(2010CB732100)的支持,作者的研究生侯艳娟博士、房倩博士和苏洁博士为本书相关资料的整理工作付出了很多心血,侯艳娟博士协助作者完成了书稿的组织和修改工作,在此表示深深的谢意!

本书系统介绍了作者近十年在城市地下工程方面的研究工作,力求形成基于关键技术和以地层变形控制为核心的安全风险控制技术体系,期望对我国如火如荼的城市地下工程建设有所裨益。但考虑到地下工程的风险控制学科处于起步阶段,本人的研究工作也非常有限,由于时间仓促,加之作者水平所限,而且很多问题尚在研究之中,书中不当甚至谬误之处难免,恳请广大读者批评指正。

著者

2012年5月



# Contents

## 目录

### 第 1 章 绪论

1.1 城市地下工程发展及其安全性问题 .....	2
1.2 安全风险及工程安全风险 .....	5
1.3 城市地下工程安全风险基本特点 .....	8
1.4 国内外研究现状及发展趋势 .....	8
1.5 本书主要内容及研究意义 .....	11

### 第 2 章 城市地下工程及其安全风险特点

2.1 城市地下工程的主要功能 .....	14
2.2 城市地下工程特点及结构耐久性 .....	18
2.3 城市地下工程建设安全风险特点 .....	21
2.4 目前地下工程安全风险中的主要问题 .....	23

### 第 3 章 城市地下工程主要施工方法

3.1 明挖法 .....	26
3.2 盖挖法 .....	28
3.3 钻爆法 .....	34
3.4 浅埋暗挖法 .....	36
3.5 盾构法 .....	42
3.6 TBM法 .....	48
3.7 不同工法风险特点及控制方案 .....	50



## 第 4 章 城市地下工程建设安全风险控制体系

- 4.1 地下工程安全风险控制研究现状 ..... 60
- 4.2 安全风险控制体系建立的基本思路 ..... 61
- 4.3 安全风险控制的工作程序 ..... 62

## 第 5 章 城市地铁施工典型安全事故及分析

- 5.1 北京地铁施工典型安全事故案例 ..... 73
- 5.2 安全事故类型及发生机理 ..... 75
- 5.3 安全事故防治对策 ..... 95

## 第 6 章 城市地下工程施工地层变形机理

- 6.1 城市隧道施工地层变形的组成 ..... 108
- 6.2 地层变形的基本特征 ..... 109
- 6.3 地层沉降的预测 ..... 117
- 6.4 地层变形模式和特点 ..... 121
- 6.5 地层破坏模式 ..... 127
- 6.6 城市隧道的合理埋置深度 ..... 130

## 第 7 章 城市隧道施工中地层与结构的动态作用体系

- 7.1 隧道-土体-结构动态作用体系 ..... 134
- 7.2 变形地层与结构的动态作用特点 ..... 136
- 7.3 地层与结构的动态作用模式 ..... 138
- 7.4 地层与结构动态相互作用结果预测 ..... 143



## 第 8 章 地层与结构变形控制标准的分析与确定

8.1 控制标准的研究现状 .....	146
8.2 国内外建筑物变形控制标准 .....	147
8.3 控制指标的系统化选择 .....	151
8.4 控制标准的制定 .....	153
8.5 工程实例 .....	156

## 第 9 章 城市地下工程施工安全风险评估

9.1 安全风险评估程序 .....	162
9.2 建（构）筑物现状调查与评估 .....	163
9.3 建（构）筑物剩余变形能力评估及附加变形预测 .....	164
9.4 安全风险等级划分 .....	167
9.5 工程实例 .....	170

## 第 10 章 地下工程施工安全风险过程控制原理与方法

10.1 地层及结构的变位特点 .....	178
10.2 变位分配的力学原理 .....	179
10.3 变位分配的实施方法 .....	183
10.4 变位分配方法的应用 .....	184

## 第 11 章 注浆抬升与结构变位恢复技术

11.1 既有结构变位的过程恢复原理 .....	188
11.2 注浆抬升作用机理 .....	189
11.3 注浆抬升数值模拟分析 .....	201
11.4 注浆抬升施工技术要点 .....	209



## 第12章 城市隧道穿越既有桥梁与桩基结构安全风险控制

12.1	地层变形与桩基结构相互作用关系	214
12.2	地层变形作用下桩基承载力影响因素	220
12.3	地层变形对不同桩基影响特点	224
12.4	桩基承载力损失与桩基沉降关系	226
12.5	地层变形对桩基承载力损失影响评价	233
12.6	隧道施工穿越既有桥梁安全风险控制	243
12.7	工程实例	246

## 第13章 大型十字换乘暗挖车站施工安全风险控制

13.1	工程概况	268
13.2	安全风险控制思路	269
13.3	车站主体暗挖关键环境风险因素	270
13.4	工法优化及施工影响预测	273
13.5	控制标准制定	278
13.6	施工中环境风险控制措施	281
13.7	环境风险控制效果评价	284

## 第14章 城市隧道穿越复杂建筑物安全风险控制

14.1	工程概况	290
14.2	安全风险控制体系的建立	291
14.3	建筑物现状调查与风险评估	292
14.4	建筑物变形控制指标及其标准值确定	294
14.5	隧道穿越建筑物施工方案优化	297
14.6	过程控制方案制定与实施	301
14.7	风险监控及安全预案	316



## 第 15 章 新建地铁车站施工穿越既有地铁安全风险控制

15.1	工程概况	324
15.2	安全风险控制工作要点	326
15.3	既有地铁结构变形控制标准制定	329
15.4	施工方案比选	339
15.5	施工过程中既有地铁监控量测分析	344
15.6	注浆抬升既有地铁结构机理及控制	355

## 第 16 章 地下工程安全风险控制与管理前景展望

16.1	地下工程安全风险控制与管理现状	366
16.2	亟需解决的关键问题	367
16.3	前景与展望	368

参考文献	370
------	-----

# 第 1 章

Introduction

绪论



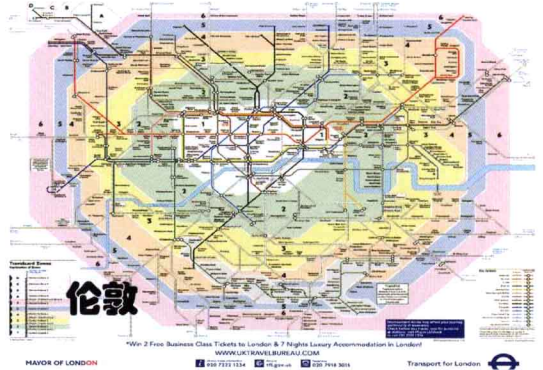
# 1.1 城市地下工程发展及其安全性问题

改革开放30多年来,我国的经济得到了持续快速的发展,其中很重要的标志就是城市化进程的急剧加快。改革开放之初的1979年我国的城镇化率为17.98%,而30年后的2009年已达到46.59%。根据预测,到2020年我国的城镇化率将达到60%,约到2050年可达到75%,进入发达国家的行列,这与我国基本实现现代化的目标也是相协调的。

城市化进程加快带来的突出问题就是交通拥堵和城市用地的高度紧张,而发达国家城市化发展的经验表明,城市地下空间开发和利用是一条有效的解决途径,可以实现部分城市功能向地下转移。在这方面,伦敦、纽约、巴黎和东京等城市的发展可为我们提供有益的借鉴(图1-1)。



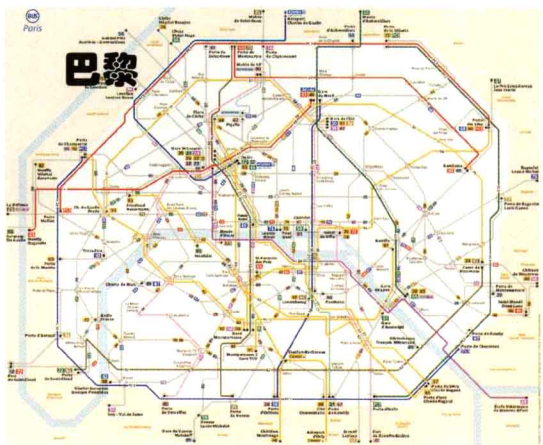
(a) 东京轨道交通线网



(b) 伦敦轨道交通线网



(c) 纽约轨道交通线网



(d) 巴黎轨道交通线网

图1-1 世界部分主要城市的轨道交通线网规划





从1863年英国伦敦建成世界上第一条城市地铁开始,国外地下空间的发展已经历了相当长的时间,至20世纪末,地铁已成为大城市公共交通的重要形式,建造总长度超过5500km,它有效地保证了世界大城市的大规模乘客运输。进入20世纪20年代以来,世界各国由于城市化进程加快,城市用地紧张、基础设施落后以及环境恶化等问题日渐突出,为解决这些问题,世界上一些发达国家就开始大规模利用地下空间。开发利用较早的是欧洲、美国和日本等。其中欧洲国家对地下空间开发利用较好,广泛修建过街通道、地铁、商场、仓库等,近年来还修建了地下综合通道及地下综合服务区等。

近年来城市地下空间的发展更为迅速。日本东京首条地下高速路“东京中央环状新宿线”经过池袋、新宿和涩谷三个重要商业区,于2007年3月开通之后,不仅大大缩短了通行时间,而且还有效缓解了市中心地区的交通拥挤及减轻了市内环境污染问题;巴黎市提出的地下机动车交通系统,在巴黎构筑两环加放射的地下道路网,可解决机动车在城市内部的运动问题;美国波士顿中央大街改造方案是在现有的中央大街下面建设一条地下快速干道,在波士顿海湾建设一条海底隧道用来连接机场和城市中心,建立一个新的交通系统,完善城市交通,并以此为契机改善城市环境,对波士顿的社会生活产生了重大影响。

进入21世纪,随着我国城市化进程的加快,大城市的交通、环境以及文物保护等问题日益突出,为了满足城市功能的需要,我国的城市轨道交通工程建设已逐渐进入高潮,截止到2009年,我国已有10个城市开通了31条城市轨道交通线,运营里程达到835.5km。近期国务院又批复了22个城市的地铁建设规划,至2016年我国将新建轨道交通线路89条,总建设里程为2500km,投资规模达9937.3亿元,届时建成和在建城市轨道交通总里程将接近4500km。我国部分主要城市的轨道交通线网规划如图1-2所示。

另一方面,特大城市地下快速道路的建设也正越来越受到重视,以解决城市交通拥堵问题。上海市政府已批准井字形地下通道方案,该方案全线长40km,其中地下26km;北京市提出在2020年以前修建四纵两横地下快速路网方案;深圳建设了约7km长的地下快速通道;南京的内环线地下路约占总长度的1/2。

除城市地下轨道交通和地下快速路的建设外,其他城市地下空间的开发也正在以极快的速度增加。北京地下空间建成面积已达30km<sup>2</sup>,全市地下空间今后平均每年将增加建筑面积约3km<sup>2</sup>,占总建筑面积的10%,目前已作出地下50m的开发规划,到2020年,北京地下空间总面积将达90km<sup>2</sup>;上海世博园区地下城面积达0.4km<sup>2</sup>,五角场地下城面积约为0.3km<sup>2</sup>;杭州钱江新城地下城以波浪地下城为骨干,规划建成地下四层,总建筑面积约2km<sup>2</sup>的地下空间建成地下空间2km<sup>2</sup>;武汉王家墩商务区地下城总面积接近3km<sup>2</sup>等。

然而,由于城市环境复杂、地面及地下建(构)筑物密布并且工程活动频繁,使得城市地下工程建设中存在着很大的安全风险,安全性已成为制约城市地下空间开发和地下工程建设的核心问题,从某种程度上也制约了城市地下空间开发和利用的发展,进而影响到城市化的进程。

安全事故的发生固然有其管理层面的原因,而深层次的理论认识的不足、控制标准的缺失及控制技术的不完善才是事故发生的根源所在。随着城市地下工程建设规模的加大以及安全事故的频繁发生,相关部门加大了管理力度,出台了多项管理规定,力求做到规范化管理;从技术层面也加强了过程监测,优化了技术方案,细化了技术措施,同时也汲取了既有安全事故的经验和教训,客观上起到了一些积极的作用。然而,安全事故仍然难以避免,尤其是新的恶性安全事故还时有发生,究其原因,主要是由于所采取的技术方案和管理规定更



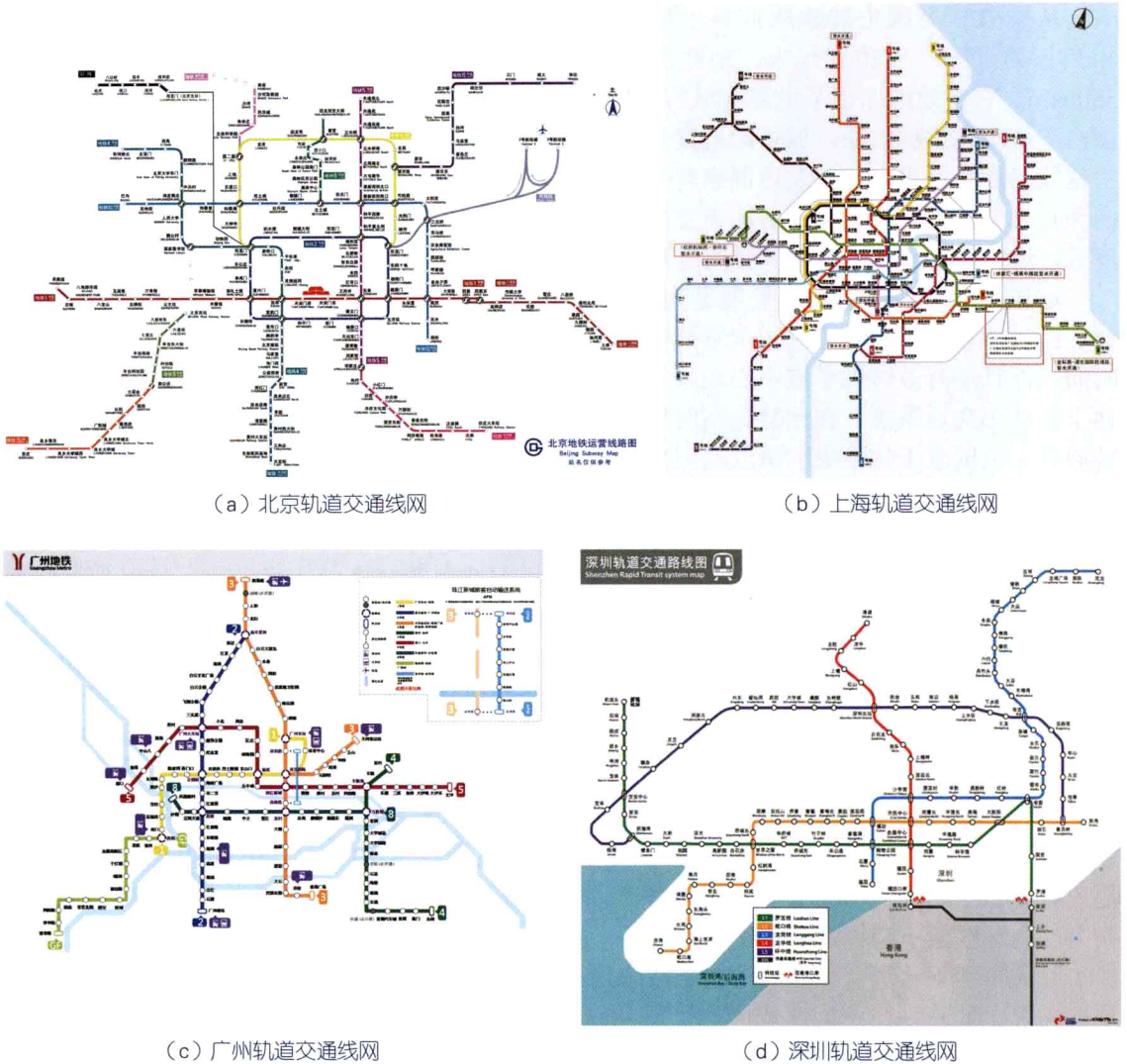


图1-2 我国部分主要城市的轨道交通线网规划

多的是基于工程经验，而许多深层次的理论问题和科学问题没有被揭示。总体来说，目前地下工程建设的安全性控制还是处于以经验为主体的阶段，缺乏科学性，这也是目前迫切需要解决的关键问题。

面对我国城市化进程中轨道交通建设和地下空间开发的大规模快速发展，城市地下工程的安全性将成为未来数十年建设的核心问题，鉴于目前的安全性控制多是“治标不治本”，因而如何采取科学的控制手段，根治重大安全事故的发生是目前的首要问题。只有深入研究城市地下工程安全事故的形成机理和复杂的演化规律，对风险作出可靠的预测和评估，进而建立起规范化的管理体系，才能实现安全性控制由“治标”到“治本”的转化，为城市地下工程的安全性建设提供可靠保障。



## 1.2 安全风险及工程安全风险

风险作为一门新兴的交叉学科，近些年来逐渐开始引起人们的关注和重视，随着大量有关风险的论文和著作的相继发表，风险学科的研究进入前所未有的蓬勃发展期。然而，对于工程项目建设而言，安全风险无疑是各方最为关注的问题，因而有必要首先对“风险”、“安全风险”和“工程安全风险”三者的内涵及意义进行界定。

### 1.2.1 风险及其属性

风险的概念可以从经济学、管理学、保险学等不同角度去认识。对于某事件，明知不能实现就不去做，则没有风险。另一项事件，无论其发生与不发生，都不会带来损失，则该事件也不存在风险。虽然风险的说法不统一，但其具有两个特征：一是事件的不确定性；二是事件发生后产生有损失的后果。

一般情况下，将来的活动或事件，其后果有多种可能，各种后果出现的可能性的程度（即概率）也不一样。由于人们对于将来活动或事件一般不能掌握全部信息，因此事先不能确知最终会产生什么样的后果，这种现象就是不确定性。它反映了人们由于难以预测未来活动或事件的后果而产生的怀疑态度。即使有些时候人们可以事先辨识事件或活动的各种可能结果，但仍然不能确定它们发生的概率，这种情况也是一种不确定性。不确定性的三种类型如下。

(1) 说明或结构不确定性 指人们由于认识不足，不能清楚地描述和说明项目的目的、内容、范围、组成和性质及项目与环境之间的关系。

(2) 计量不确定性 指在确定项目变数数值大小时，由于缺少必要的信息、尺度或准则而产生的不确定性。在确定项目变数的数值时，人们有时难以获取有关的数据和观察结果，有些项目则不知采用何种计量尺度和准则才好。

(3) 事件后果不确定性 指人们无法确认事件的预期结果及其发生的概率。在这种情况下，人们在采取行动之后，却不知道事件或活动到底会产生怎样的结果。

所谓事件发生后产生损失的后果，一方面是说，行动和事件的后果与人们的期望预想之间的偏离，后果偏离预期越大，产生损失就越大，风险也越大；另一方面是说，人们从事各项活动的确可能蒙受损失或损害，对这种不利的后果不但要提高警惕，而且要防范和处理这样的不利后果。

通常认为，风险就是“危险，遭受损失、伤害、不利或毁灭的可能性”，而按照风险分析的观点，风险和危险还是不同的。危险只是意味着一种坏兆头的存在，而风险则不仅意味着这种坏兆头的存在，而且还意味着有发生这个坏兆头的渠道、可能性和后果。风险的基本