



華夏英才基金學術文庫

黃宏偉 陳龍 胡群芳 著
陳桂香 王岩

隧道及地下工程的全壽命风险管理

 科學出版社
www.sciencep.com



华夏英才基金学术文库

隧道及地下工程的全寿命 风险管理

黄宏伟 陈 龙 胡群芳 陈桂香 王 岩 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是作者近几年来,针对隧道及地下工程在规划、建设和运营不同阶段的风险管理科学研究及应用成果的部分总结。本书共 15 章,分三部分。第一部分(第 1~4 章)介绍目前国内外在隧道及地下工程风险管理的研究现状、全寿命风险管理的基本原理和方法,以及地铁建设的规划风险决策。第二部分(第 5~10 章)介绍隧道及地下工程在设计与施工阶段的风险管理方法,包括事故灾害分析,潜在损失分析,施工对周边建筑物、管线及路面影响的分析计算方法。第三部分(第 11~15 章)介绍隧道工程在运营阶段的风险管理,包括常见病害与防治、各种病害对隧道结构性态影响的评估方法。本书的特点主要体现在引入了全寿命风险管理的理念,将风险指标同力学变形指标相结合,丰富了隧道及地下工程风险管理的内涵。

本书可作为隧道及地下工程专业本科生、研究生的教材,也可供从事隧道及地下工程或土木工程工作的管理和施工人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

隧道及地下工程的全寿命风险管理/黄宏伟等著. —北京:科学出版社,2010

(华夏英才基金学术文库)

ISBN 978-7-03-027119-8

I. ①隧… II. ①黄… III. ①隧道工程-风险管理-高等学校-教材②地下工程-风险管理-高等学校-教材 IV. ①U45②TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 056640 号

责任编辑:刘宝莉 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:赵 博 / 封面设计:陈 敬

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 4 月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2010 年 4 月第一次印刷 印张:18 3/4

印数:1—2 000 字数:363 000

定价:66.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

隧道及地下工程涉及众多的不确定性,其在建设和运营阶段无疑都存在很大的技术风险。由风险引发的各种工程事故或灾害给国家造成了巨大的经济损失,给社会带来严重的不良影响,尤其是在城市地下工程建设中。近十多年来,国内外已发生的风险灾害事故不胜枚举,如1994年9月的上海昌都大厦基坑开挖塌方、2003年7月的上海地铁4号线联络通道事故、2004年广州地铁塌方事故、2004年4月新加坡地铁工作井施工中塌方事故,以及2008年11月发生在杭州地铁建设中的地铁车站开挖导致周边塌方事故等。这些触目惊心的灾害事故使我们深刻认识到隧道及地下工程建设中面临的巨大挑战,一系列的问题需要我们去深思、去研究。为什么会发生这些事故,如何发生?能否预先了解事故发生的可能性?如何在事故发生前预测事故发生后造成的损失?采取哪些措施才能减小事故发生的可能性以及事故发生后的损失程度?所有这些问题都归属于风险管理学科涉及的研究内容,或只有通过风险管理的研究才能科学地回答这些问题。为此,我们于2003年开始了针对隧道及地下工程的风险管理研究。本书是我们风险管理研究小组多年来的研究成果的部分汇总,期望本书的出版能在隧道及地下工程建设及运营安全风险管理中起到抛砖引玉的作用。

针对隧道及地下工程,以地铁建设与运营为例,本书的特点主要体现在以下几个方面:①引入了全寿命风险管理的理念。本书中隧道工程全寿命风险管理的理念贯穿始终。将工程从工程规划、可行性研究、设计、施工及运营的各个阶段看成一个整体,用风险管理的理念和视角,对其进行系统的分析,提出了各阶段的风险评估和风险管理的理论与方法。②将风险指标同力学变形指标相结合,丰富了隧道及地下工程风险管理的内涵。本书将隧道推进引起的周围地层及结构的变形响应纳入风险评估体系中,使风险管理不再偏“软”,从而评估指标具有可信的理论依据。另外,在风险管理方法和风险事故分析中,都充分考虑了隧道工程本身所固有的特点,具有很强的针对性和实用性。③注重理论方法与实际相结合。风险管理理论相对比较抽象,往往难以很快理解和应用。为便于工程技术人员理解和具体应用于工程中,本书无论是在内容的编排上,还是在研究的方法上都注重与工程实践相结合,通过工程实例、事故图片、流程网络图等形式,本书内容更易于理解和掌握,具有较高的实用价值。

本书共分三部分,其中第一部分由第1~4章组成,主要介绍目前我国内外研究现状及隧道及地下工程全寿命风险管理的基本理论与风险管理方法。第二部分由

第 5~10 章组成,主要介绍隧道及地下工程在设计与施工阶段的风险管理方法,并主要对工程决策阶段、设计阶段、施工期的风险管理逐一介绍。对施工期一些重要的风险事故做了分类分析与总结,提出隧道工程施工期风险概率及潜在损失、工程施工对周边建筑物、管线及路面影响的分析与计算方法。第三部分由第 11~15 章组成,重点介绍隧道工程在运营阶段风险管理、运营阶段常见的病害与防治以及各种病害对隧道结构性态影响的评估方法,提出了三种不同的软土地铁隧道结构性态评估模型,并结合工程实例说明了其具体应用。

随着我国城市化的不断深入发展,今后的几十年将是我国隧道与地下空间开发建设的重要时期,同时北京 2008 年奥运会和上海 2010 年世博会后将相继由隧道建设期转入运营安全管理为主的阶段。为确保工程质量安全,确保运营安全和可靠,不断提高安全风险的管理水平,提高风险控制的能力也是当前和今后相当长一段时间内,相关各级政府和企业面临的一个重要课题。

由于作者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者不吝指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 风险管理在隧道及地下工程中的重要性	1
1.2 隧道及地下工程的风险管理及特点	6
1.2.1 工程风险管理	6
1.2.2 工程风险管理特点分析	7
1.3 风险管理在国内外的发展现状	8
1.3.1 国外研究现状	8
1.3.2 国内研究现状	10
1.4 本书的内容及章节分配.....	11
第 2 章 工程风险管理的基本理论	13
2.1 风险的认知.....	13
2.1.1 风险的定义	13
2.1.2 风险的分类	15
2.1.3 风险的本质	16
2.2 风险分析的基本方法.....	19
2.2.1 定性评价方法	19
2.2.2 定量安全评价方法	21
2.3 风险管理与项目管理.....	29
2.3.1 工程项目风险管理的基本思想	29
2.3.2 风险管理在项目管理中的作用	29
2.4 全寿命风险管理模式.....	30
2.4.1 风险管理的阶段划分	30
2.4.2 工可阶段的风险评估	30
2.4.3 工程施工前的风险分析及处理	31
2.4.4 工程施工期的风险管理	33
2.5 工程风险决策与控制.....	34
2.5.1 风险转移策略的分类	34
2.5.2 工程保险	35
2.5.3 风险决策	37

第 3 章 风险分析与评价模型	41
3.1 风险分析相关名词及机理	41
3.1.1 相关名词的解释	41
3.1.2 风险机理分析	44
3.2 风险分析与评价模型	44
3.2.1 项目基本风险空间	44
3.2.2 风险分析模型	45
3.2.3 风险评价模型	48
第 4 章 隧道及地下工程规划阶段风险管理	50
4.1 概述	50
4.1.1 全寿命周期集成化管理模式	50
4.1.2 风险定性评估	52
4.2 规划阶段风险管理的主要内容	53
4.2.1 项目决策与决策分析评价	53
4.2.2 轨道交通建设概况及线路规划	54
4.2.3 地铁工程项目风险因素的分类	56
4.3 地铁线路规划中风险因素研究	59
4.3.1 策倾斜造成路网规划不合理风险	59
4.3.2 客流量预测风险	61
4.3.3 路网规划不合理造成前期费用增加风险	63
4.4 规划阶段风险管理的主要措施	65
第 5 章 隧道及地下工程设计阶段风险管理	67
5.1 地铁项目土建工程设计概述	67
5.1.1 车站设计	67
5.1.2 区间隧道设计	67
5.2 地铁设计阶段主要风险因素	68
5.2.1 地质勘查风险	68
5.2.2 设计中的人为误差及设计质量风险(设计质量风险)	70
5.3 设计阶段风险管理主要措施	74
5.3.1 加强管理减少设计人为错误	74
5.3.2 职业责任保险	76
第 6 章 隧道及地下工程施工期风险事故分析	78
6.1 基坑工程施工期风险事故分析	78
6.2 软土隧道工程风险事故分析	86
6.2.1 引言	86

6.2.2 盾构进出洞风险	89
6.2.3 盾构推进风险事故	89
6.3 环境影响风险事故分析	91
6.3.1 变形过大产生的周边设施影响风险	91
6.3.2 过量降水产生的周边设施破坏风险	92
6.3.3 地基加固不当产生的地面隆沉	92
6.3.4 噪声污染	93
6.3.5 水污染	93
6.3.6 空气污染	93
6.3.7 固体废物污染	93
6.3.8 生态环境影响	93
6.4 人员安全风险事故分析	94
6.4.1 人员火灾安全风险分析	94
6.4.2 有害气体对人员安全的影响	94
6.4.3 操作失误产生的人员伤亡	94
6.4.4 突发性事故引发的人员伤亡	94
6.4.5 重物打击	94
6.4.6 负高空坠落	95
6.4.7 车辆伤害	95
6.4.8 人员触电	96
6.4.9 非工地人员进入施工现场产生的伤亡	96
第7章 盾构隧道工程施工工期潜在风险损失分析	97
7.1 风险分析调研	97
7.1.1 调研概况	97
7.1.2 风险事故的种类	98
7.1.3 风险调研数理分析	99
7.1.4 采用信心指数法的调研结果处理	100
7.2 风险概率分析	105
7.2.1 风险概率增强系数的确定	105
7.2.2 盾构隧道典型事故的风险概率	106
7.3 直接费用潜在损失分析	115
7.3.1 风险事故发生后直接费用损失分析	115
7.3.2 各风险事故直接费用损失风险计算	116
7.3.3 直接费用损失总体风险分析	119
7.4 工期潜在损失分析	122

7.4.1	风险事故发生后工期损失分析	122
7.4.2	各风险事故工期损失风险计算	123
7.4.3	工期损失总体风险分析	123
7.5	耐久性潜在损失分析	128
7.5.1	风险事故发生后耐久性损失分析	128
7.5.2	各风险事故耐久性损失风险计算	129
7.5.3	耐久性损失总体风险分析	132
7.6	环境影响潜在损失分析	134
7.6.1	风险事故发生后环境影响损失分析	134
7.6.2	各风险事故环境影响损失风险的计算	135
7.6.3	环境影响损失总体风险分析	136
7.7	损失分布的一般性规律分析	141
7.7.1	潜在损失的概率函数分布特点	141
7.7.2	与风灾风险研究相关成果的比较	142
7.8	风险综合评价	144
7.8.1	各风险事故风险综合评价	144
7.8.2	项目各工况及总体风险综合评价	145
第8章	盾构隧道施工对周边建筑物影响的风险分析	148
8.1	概述	148
8.1.1	问题的提出	148
8.1.2	分析思路	148
8.2	建筑物破坏等级划分	149
8.2.1	引言	149
8.2.2	“广义”建筑物破坏等级划分	149
8.2.3	建筑物破坏评判指标及分类	150
8.3	大刚度建筑物的破坏评判	152
8.3.1	倾斜度的计算	152
8.3.2	以倾斜作为建筑物指标的资料分析	152
8.3.3	工程事故资料汇总分析	152
8.3.4	建筑物广义破坏等级与倾斜度之间的关系	157
8.3.5	建筑物产生倾斜破坏的模糊综合评判	158
8.4	小刚度建筑物的破坏评判	162
8.4.1	小刚度建筑物破坏评判指标	162
8.4.2	建筑物的广义破坏等级与裂缝宽度之间的关系	162
8.4.3	裂缝宽度与拉应变之间的关系	163

8.4.4	建筑物极限拉应变的计算	164
8.4.5	建筑物产生裂缝破坏的模糊综合评判	166
8.5	建筑物破坏损失评价	166
8.5.1	建筑物损失的计算	166
8.5.2	关于建筑物损失的相关研究成果	166
8.5.3	建筑物广义破坏等级与损失比的关系	167
8.5.4	建筑物的损失比与弯沉比的关系	168
8.6	实例分析	173
第9章	盾构隧道施工对周围路面影响风险分析	177
9.1	概述	177
9.1.1	问题的提出	177
9.1.2	基本假定	178
9.2	沥青路面损坏状况评价	178
9.2.1	沥青路面面层破损类型	178
9.2.2	路面综合破损率(DR)计算	178
9.2.3	路面状况指数计算	179
9.3	混凝土路面损坏状况评价	180
9.3.1	混凝土路面病害类型	180
9.3.2	路面病害分级标准的隶属度函数	180
9.3.3	裂缝宽度与最大沉降量的关系	181
9.3.4	混凝土路面状况评定	182
9.4	路面损失计算	183
9.4.1	路面寿命周期的费用组成	183
9.4.2	路面损坏费用计算	184
9.5	实例计算	185
9.5.1	工程参数	185
9.5.2	沥青路面	185
9.5.3	混凝土路面	186
第10章	隧道施工对周边管线影响风险分析	188
10.1	概述	188
10.1.1	问题的提出	188
10.1.2	基本假定	188
10.2	隧道施工对地下管线影响计算	189
10.2.1	盾构隧道施工产生的管线沉降变形计算	189
10.2.2	一维弹性地基梁模拟管线纵向沉降计算模型	191

10.3	刚性管线损坏评价标准	192
10.3.1	允许应力判别法	193
10.3.2	采用允许地面沉降值进行评价	193
10.4	柔性管线损坏评价标准	194
10.4.1	管道张角判别法	194
10.4.2	采用允许地面沉降值进行评价	195
10.5	管线损坏的经济评价	195
10.5.1	管线损坏补偿费用计算	195
10.5.2	管线损坏的隶属度函数	196
10.5.3	最大地面沉降与损失的关系	196
10.6	实例分析	197
第11章	城市轨道交通地下空间运营阶段风险分析	199
11.1	风险事故的分类及易损性分析	199
11.1.1	地下空间灾害事故分类	199
11.1.2	地下设施易损性分析	200
11.2	隧道工程运营阶段风险因素研究	200
11.2.1	隧道耐久性	201
11.2.2	隧道火灾	203
11.2.3	恐怖袭击	208
11.2.4	运营期劳动卫生风险	211
第12章	软土地铁隧道常见病害与防治	215
12.1	概述	215
12.2	渗漏水病害	215
12.2.1	渗漏水的危害	215
12.2.2	渗漏水的原因分析	217
12.2.3	渗漏水的防治	217
12.3	衬砌结构的裂损与腐蚀	220
12.3.1	衬砌结构裂损	220
12.3.2	衬砌腐蚀	222
12.4	地铁隧道的结构变形	223
12.4.1	结构变形的危害	223
12.4.2	结构变形的原因分析	223
12.4.3	结构变形的防治	227
12.5	迷流病害	228
12.5.1	迷流产生的机理	228

12.5.2	迷流病害的危害	229
12.5.3	迷流病害的防治	230
第 13 章	软土地铁隧道结构性态评估指标和标准	233
13.1	概述	233
13.2	渗漏水病害的评估指标和标准	233
13.2.1	渗漏水部位	233
13.2.2	渗漏水流量	234
13.2.3	渗漏水范围	235
13.2.4	排水设施的服务效果	235
13.3	混凝土衬砌管片裂损的评估指标和标准	236
13.3.1	裂缝部位及走向	236
13.3.2	裂缝尺度	236
13.3.3	裂缝的发展趋势	238
13.3.4	衬砌表面破损程度	238
13.4	结构变形的评估指标和标准	239
13.4.1	结构纵向沉降或隆起	239
13.4.2	结构横向位移	241
13.4.3	隧道管径收敛变形	241
13.4.4	隧道结构的差异沉降	242
13.5	其他评估指标和标准	244
13.5.1	联络通道状况	244
13.5.2	线路曲率半径	244
13.5.3	环境水的侵蚀程度	245
13.5.4	迷流的腐蚀程度	245
第 14 章	地铁隧道结构性态评估模型	247
14.1	概述	247
14.2	模糊综合评估模型的建立	247
14.2.1	层次分析法原理	247
14.2.2	模糊数学原理	250
14.2.3	模糊层次综合评估方法原理	250
14.2.4	实例说明	253
14.3	人工神经网络综合评估模型的建立	254
14.3.1	基本原理	254
14.3.2	BP 网络原理	254
14.3.3	人工神经网络评估模型	255

14.3.4 实例说明	256
14.4 主成分分析方法在软土地铁隧道性态评估中的应用	258
14.4.1 主成分分析法数学统计原理	258
14.4.2 主成分分析法在评估中的应用	258
14.4.3 实例说明	259
第 15 章 软土地铁隧道结构性态评估方法应用	262
15.1 工程概况	262
15.2 模糊综合评估模型的应用	262
15.3 人工神经网络评估模型的应用	271
15.3.1 软土地铁隧道结构性态评估的 BP 神经网络模型设计	271
15.3.2 BP 神经网络模型在软土隧道结构性态评估中的应用	272
15.4 主成分分析模型的应用	275
参考文献	284

第 1 章 绪 论

随着大量新材料、新工艺、新技术的应用,我国隧道及地下工程建设取得了长足的进展,现有在建或待建的各种地铁隧道、公路隧道等项目众多,如北京、上海等十多个城市在建的地铁隧道,在建的长距离大直径的上海、武汉、南京等大型越江隧道,在建的厦门翔安海底隧道、青岛胶州湾海底隧道以及大连湾海底隧道。可以看到,与一般上部建筑工程项目相比,隧道及地下工程项目建设具有投资大、周期长、工程参与方多、技术难度大、环境干扰因素多以及不可预见性等特点。在工程建设过程中,建设参与各方不可避免地面临着投资、安全、质量、环境、进度及技术等方面的风险;同时,在工程竣工后的运营管理中,由于各种意外因素或管理失误,各类风险事故经常发生。如对工程风险不加以管理与控制,一旦发生工程事故,必将导致严重的经济损失或人员伤亡,造成恶劣的社会影响。考虑隧道及地下工程建设全寿命周期,实施工程的风险管理已经迫在眉睫。

风险管理是一门交叉学科,已广泛应用于许多行业以规避可预期的风险。与其他行业相比,隧道及地下工程建设中面临着更多的风险及不确定性。近年来,已有较多的工程风险基本理论及风险管理方面的著作及研究成果,然而针对隧道及地下工程风险管理方面的比较少,需要结合工程建设需求及发展趋势,考虑隧道及地下工程建设全寿命周期,建立系统的隧道及地下工程风险管理理论及技术方法,并将其应用到具体隧道及地下工程中。本书以研究课题组近五年来研究成果为基础,较系统地介绍工程风险管理及其应用问题,借此以推动隧道及地下工程开展全寿命周期风险管理研究,促进我国隧道及地下工程风险管理及应用发展,保障国民经济和国家基础设施建设的快速发展。

1.1 风险管理在隧道及地下工程中的重要性

隧道及地下工程的发展及应用已有近千年的历史,在远古时期,地下工程因其具有防御恶劣气候、隐蔽性强及修筑方便等优点而被广泛采用;在现代社会中,伴随城市文明发展而产生的一系列问题,如交通拥挤、环境污染、资源短缺等,迫使人们去寻求新的发展空间——地下空间。特别是近年来,随着全球经济突飞猛进的发展,世界各国的城市化水平的快速提高,有限的地面空间很难适应急剧增加的城市人口及其交通需求,因此,向地下要空间、开发城市地下空间已成为世界各国城市发展的重要方向,并以此作为解决城市发展所面临的人口、环境、资源危机等问

题的重要途径。并且,世界各国都极为重视地下空间资源的开发利用,这已成为世界性的发展趋势,成为衡量城市现代化的重要标志。自 1863 年英国伦敦第一条地铁开通后,城市地下空间的开发已在发达国家得到较快的发展,并且由最初地下交通建设向大型的复杂地下综合体工程转变。可以认为,20 世纪是高层建筑的时代,21 世纪则将是人类开发利用地下空间的时代。

虽然开发和利用地下空间存在很多优越性,如节约地面空间、节省能源(据美国明尼苏达州统计,可节省制冷和采暖的能源达 50% 以上)、减少城市污染、有利于城市生态平衡等,但是由于周边环境的复杂及其不确定性因素太多,隧道及地下工程成为工程建设中的高风险项目,在工程的规划、投资、设计、建设和运营等各个环节都存在很大的风险。因此,对隧道及地下工程实行风险管理是十分必要的。以上海地区为例,由于区域内人口密集、交通拥挤、市区管线密布、地面高楼林立,同时所在区域内的水文地质条件较差,因此,其隧道及地下工程建设难度及风险性更大。在隧道及地下工程建设中,人为或非人为因素导致的工程事故给国家造成了巨大的经济损失,带来了严重的社会不良影响。近十多年来,此类事故在国内外不胜枚举。表 1.1 统计了近十年来国内外隧道工程建设中的部分事故。表 1.2 统计了近十年来国内外地铁运营过程中的部分重大安全事故。

表 1.1 近十年国内外隧道工程建设中的部分事故

编号	年份	事故
1	1994	德国慕尼黑地铁施工坍塌事故
2	1994	英国伦敦的希思罗机场快干线地铁施工坍塌
3	1994	中国台湾台北地铁施工坍塌
4	1995	美国洛杉矶地铁施工坍塌
5	1995	中国台湾台北地铁施工坍塌事故
6	1996	中国广州地铁 1 号线长寿路—陈家祠区间泥水盾构掘进引起华贵路房屋坍塌事故
7	1999	英国 Hull Yorkshire 隧道施工坍塌
8	1999	意大利博洛尼亚—佛罗伦萨隧道施工坍塌
9	2000	韩国大丘地铁施工坍塌
10	2000	意大利博洛尼亚—佛罗伦萨隧道施工坍塌
11	2001	中国深圳地铁工程竹子林车辆段基坑发生坍塌事故
12	2002	中国深圳地铁一期工程 4 号线施工,土压平衡式盾构掘进结饼而停机开舱处理,引起周围地面塌陷及邻近建筑物的轻微沉降
13	2002	中国广州地铁一期工程施工,由于压力舱的闭塞导致舱内的压力失控,造成地面隆起和扭矩上升,施工进度严重影响

续表

编号	年份	事故
14	2002	中国广州地铁2号盾构穿越珠江的施工过程中发生喷涌,江底塌方事故
15	2002	中国台湾高速铁路隧道施工坍塌
16	2003	中国上海明珠线二期工地围墙内发生塌陷事故,塌陷最深地方有2~3m
17	2003	中国上海M4线浦东南路至南浦大桥区间隧道浦西联络通道发现渗水、流砂、涌水事故,引起地面大幅度沉降
18	2003	中国北京地铁5号线崇文门车站工地西北风道南侧,斜撑底部地梁钢筋意外脱落,钢筋整体倾覆倒塌
19	2003	中国南京地铁盾构试验段遇到流砂层发生开挖面失稳事故
20	2003	中国上海大连路隧道工程泥水盾构施工引起地表沉降塌陷
21	2004	中国广州地铁番禺大石地铁3号线的建设工地发生塌方事故
22	2004	中国台湾高雄捷运线盾构进洞穿越地下连续墙时,发生连续墙大量涌水、流砂,造成路面发生塌陷事故
23	2004	中国广州地铁5号线施工地质勘察引起黄浦区港湾路和大沙东路交接处煤气管道钻破泄漏
24	2004	中国广州地铁2号线延长段琶洲塔—琶洲区间工地自来水管被压断,引起大量涌水,造成工地基坑挡土墙急剧变形,基坑北侧及南侧出现局部塌方
25	2004	中国北京地铁4号线施工卡壳,北京市西四新华书店发生沉降
26	2004	韩国釜山地铁3号线工程现场发生钢筋混凝土板崩塌事故
27	2005	日本辰野地铁二期工程因施工不当以致路基形成空洞,路面下沉事故
28	2005	中国广州地铁3号线施工导致沿线地面严重塌陷、地下泥水冒出等事故
29	2005	西班牙巴塞罗那地铁施工坍塌
30	2005	瑞士洛桑地铁坍塌
31	2005	澳大利亚悉尼 Lane Cove Tunnel 隧道坍塌
32	2005	美国波士顿某交通隧道发生坍塌事故

表 1.2 近十年国内外重大地铁运营事故一览表

时间	地点	事故类型及原因	损失
1995年3月	日本东京	人为释放沙林毒气	死亡12人,受伤5500人
1995年7月	法国巴黎	炸弹爆炸	死亡8人,受伤150人
1995年10月	阿塞拜疆巴库	机械故障引发地铁火灾	死亡558人,受伤269人
1999年5月	白俄罗斯	人数过多产生拥挤	54人被踩死
1999年6月	俄罗斯圣彼得堡	地铁爆炸	死亡6人

续表

时间	地点	事故类型及原因	损失
1999年8月	德国科隆	系统故障造成列车相撞	受伤67人,其中7人重伤
2000年3月	日本东京	轨道问题导致列车脱轨后与另一列车相撞	死亡5人,60余人受伤
2000年6月	美国纽约	列车出轨	受伤89人
2000年8月	法国巴黎	超速引起列车脱轨	受伤24人
2000年11月	奥地利萨尔茨堡州	机械故障引发火灾,且由于通信失灵造成另一列车与其相撞	死亡155人,受伤18人
2003年1月	英国伦敦市	机械故障导致列车脱轨	受伤32人
2003年2月	韩国大邱市	人为纵火	死亡198人,受伤147人
2003年8月	英国伦敦	大面积停电	伦敦近2/3地铁停运,大约25万人被困在伦敦地铁中
2004年2月	俄罗斯莫斯科	炸弹爆炸	至少死亡40人,受伤100人
2005年1月	泰国曼谷	人为因素导致列车相撞	受伤212人
2005年7月	英国伦敦	连环爆炸	死亡52人,受伤700多人
2005年9月	西班牙巴伦西亚	地铁列车相撞	受伤42人,其中重伤2人
2005年9月	美国芝加哥	轻轨列车出轨	死亡1人,受伤83人,其中重伤17人
2006年7月	西班牙巴伦西亚	超速造成列车脱轨翻车	死亡41人,受伤47人

以上这些事故的发生使大家深刻地认识到隧道及地下工程中所面临的巨大风险,这一系列的问题需要去深思、研究。为什么会发生这些事故?如何发生的?能否预先了解事故发生的可能性?如何在事故发生前科学地分析事故发生后造成的损失?采取哪些措施才能减小事故发生的可能性以及事故发生后的损失程度?所有这些问题归根结底是工程风险管理研究的内容,或只有通过风险管理的研究才能正确、科学地回答。因此,系统地研究隧道及地下工程风险管理问题,建立操作性好的风险管理与控制技术、发展防患于未然的工程风险评估与控制体系已成为当务之急,即结合隧道及地下工程建设全寿命周期,研究如何评价、度量风险的大小,确定可接受风险和不可接受风险,并针对不同风险类型制定有效的控制措施,将风险降低至最小或可接受的水平,是一项工程技术和科学紧密结合的研究课题。

从宏观上来讲,对隧道及地下工程进行风险管理具有以下意义:

(1) 有利于实现决策科学化。

隧道及地下工程与其他工程相比,具有隐蔽性、复杂性和不确定性等特点,项