



城市环境岩土工程 问题与防治技术

李相然 贺可强 姚志祥 郭金桥 编著

中国建材工业出版社

城市环境岩土工程 问题与防治技术

李相然 贺可强 姚志祥 郭金桥 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市环境岩土工程问题与防治技术/李相然等编著.
北京:中国建材工业出版社, 2007. 1
ISBN 978-7-80227-177-7

I. 城... II. 李... III. 城市环境-岩土工程-研究 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 137032 号

内 容 提 要

本书是一部研究城市环境岩土工程问题的专著。全书分三大篇:第一篇为城市环境岩土工程问题的主要类型,分别研究了环境岩土工程与环境岩土工程问题,城市环境岩土工程的物理变形问题,城市环境岩土工程的化学变化问题;第二篇为城市环境岩土工程问题的防治技术,分别研究了城市环境岩土工程问题的预测技术、监测技术与方法、风险评价与治理技术;第三篇是实证研究,以济南市区为例,分别研究了济南市基本地质背景,济南市区域地壳稳定性分析和评价,济南市岩土地基工程地质研究,济南市地质灾害与环境岩土工程问题研究,济南市岩土地基工程地质环境质量评价与分区,济南市地质灾害与环境岩土工程问题风险评价,济南市典型环境岩土工程问题发育机理与治理措施,济南市生态城市规划与建设的地学研究。

城市环境岩土工程问题与防治技术

李相然 贺可强 姚志祥 郭金桥 编著

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:30

字 数:562 千字

版 次:2007 年 1 月第 1 版

印 次:2007 年 1 月第 1 次

书 号:ISBN 978-7-80227-177-7

定 价:55.00 元

网上书店:www.eccol100.com

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

前 言

环境岩土工程学是一门发展中的边缘学科，它是岩土工程学的分支，是用岩土工程的基本原理、方法和手段，防止自然和人类活动引起的地质环境的恶化，分析和评价环境与各类岩土工程间的相互作用和影响，改善城市和人类环境的运行和生活质量，保持人类社会经济的可持续发展。“环境岩土工程”一词是美国麻省理工大学方晓阳先生于1985年提出的，随后南京大学罗国煜教授在城市环境岩土工程领域进行较系统的研究。随着城市化、工业化发展进程加快，环境岩土工程研究将更加重要。当然，作为一门新兴的学科，环境岩土工程学的研究方向国内和国外相比在某些方面还存在着差别，主要表现在如下方面：研究重点不同，国际上对城市垃圾和工业废料填埋处理作为重点研究，而我国学者的研究重点还主要放在滑坡、地面沉降，矿山土地复垦上；研究水平方面，国际上对垃圾填埋场的研究十分系统，检测手段十分先进，而我国学者对垃圾填埋场的岩土工程研究近几年才开始；研究内容方面，国际上环境岩土工程的内涵已大大扩展，研究内容中强调了环境与各类岩土工程间的相互作用，治理与防治相结合，单纯的岩土工程性质调查与设计和监测相结合。根据上述分析，我国的环境岩土工程研究在许多方面还存在一些差距，尤其是环境岩土工程问题的深入分析与防治技术研究方面有待加强。

本书是一部研究城市环境岩土工程问题的专著，有如下两大特点：

一是理论和方法先进，体系完整。该书以可持续发展战略思想为指导，根据罗国煜教授提出的岩土工程优势面理论，采用区域稳定性与地基稳定性、地质分析与力学分析相结合的原则，运用地理信息系统、计算机科学、环境岩土工程学、环境工程学、环境化学、水文地质学、工程地质学、土力学、岩石力学等多学科作交叉研究，为城市的可持续发展和生态城市建设做出贡献。

二是注重理论分析与实证研究相结合，突出应用性。该书不仅研究了城市岩土工程问题的理论问题与防治技术，还以济南市为例开展实证研究，以更好地指导工程实践，可供城市岩土工程勘察、设计、施工、监测、监理等专业的技术人员和从事城市建设管理和环境保护的管理人员参考。

本书共分三大篇：第一篇为城市环境岩土工程问题的主要类型，分别研究了环境岩土工程与环境岩土工程问题，城市环境岩土工程的物理变形问题，城

市环境岩土工程的化学变化问题。第二篇为城市环境岩土工程问题的防治技术,分别研究了城市环境岩土工程问题的预测技术、监测技术与方法、风险评价与治理技术。第三篇是实证研究,以济南市区为例,分别研究了济南市基本地质背景,济南市区域地壳稳定性分析和评价,济南市岩土地基工程地质研究,济南市地质灾害与环境岩土工程问题研究,济南市岩土地基工程地质环境质量评价与分区,济南市地质灾害与环境岩土工程问题风险评价,济南市典型环境岩土工程问题发育机理与治理措施,济南市生态城市规划与建设的地质学研究。

本书是作者在多年研究成果系统总结的基础上撰写而成的。2001年,作者与山东岩土工程总公司联合承担了山东省国土资源厅资助项目:“济南市环境岩土工程与可持续发展研究”;2002年,作者与南京大学、山东岩土工程总公司联合承担了中国冶金地勘总局资助项目:“济南市环境岩土工程问题与防治技术开发”。上述研究成果作为本书的实证研究内容。2002年12月,中国海洋大学韩德亮研究员、庄振业教授等与作者一起申请到国家自然科学基金项目:“胶州湾典型地区环境变迁过程研究”(项目批准号:40246026),开展了城市化地区环境变迁研究。在研究过程中,我们始终贯彻系统科学理论和可持续发展思想,注重吸收国内外研究成果和各学派的最新成就,注重规范分析与实证分析的有效结合,力争将众多学科的研究成果应用于该项研究中。

该书是集体智慧的结晶,烟台大学李相然教授编写了第1章至第3章,第8章,第10章至第13章;青岛理工大学贺可强教授编写了第4章至第6章;中国冶金地质勘查工程总局中南局姚志祥博士编写了第9章,第14章,第15章;山东高密市建设投资管理办公室郭金桥编写了第7章。全书由李相然统一修改定稿。

本书的完成,离不开有关各方面的大力支持与帮助。本书的出版,自始至终得到中国建材工业出版社领导及李书田编辑的大力支持和帮助。在课题研究和著作编写过程中,南京大学罗国煜教授、闫长虹教授、中国冶金地质勘查工程总局闫学义局长、中国地质大学张咸恭教授、长安大学胡广韬教授等给予了精心指导与帮助。中国冶金地勘总局中南局张怀庆局长、山东局刘雅东局长、王龙军总工、刘军熙博士在课题研究中提出了许多宝贵的建议。在项目的实施过程中,得到了南京大学、中国冶金地勘总局、山东岩土工程总公司、山东省国土资源厅资料档案馆、山东地质环境监测总站等单位的大力支持,其中南京大学朱国荣教授、李晓昭教授、山东岩土工程总公司门树宁高工,国土资源厅资料档案馆张红、山东济南地质环境监测站新丰山站长等不仅提供许多资料,还给予了很多无私帮助。烟台大学土木工程学院98级学生陈勇、侯晋芳、王

志云、路强、石超、安琪，99 级学生石丰功、王连海、吕杰、张明华、郭进等为项目研究做了很多具体的工作。在此，谨表示真挚的谢意。在本书中引用了许多书刊的图、表、公式、定义等等，有的在章节中注有出处，有的在参考文献中列出，在此向引用的参考文献的作者致以谢意。

在编写过程中编者虽经反复推敲，但限于学术水平，书中肯定存在不少缺点和错误，恳请诸者斧正。

作 者

2006 年 5 月

目 录

第一篇 城市环境岩土工程问题的主要类型

第 1 章 环境岩土工程与环境岩土工程问题	2
第一节 环境岩土工程学及相关概念	2
一、环境岩土工程的定义	2
二、环境岩土工程的研究对象与任务	7
三、环境岩土工程的研究内容	7
四、环境岩土工程学的学科特点与理论体系	11
五、环境岩土工程学的现状与发展	13
第二节 环境岩土工程问题的主要类型	16
一、环境圈及其相互作用	16
二、人类工程活动与岩土体环境之间的作用类型	17
三、环境岩土工程问题类型划分	18
四、岩土体环境变异的主要途径	20
第 2 章 城市环境岩土工程的物理变形问题	25
第一节 岩土地基变形问题	25
一、岩土地基施工中发生的变形问题	25
二、岩土地基施工后的变形问题	32
第二节 岩土地面变形问题	33
一、地面沉降	34
二、地面塌陷	37
第三节 岩土滨岸侵沉变异问题	40
一、滨岸侵蚀问题	40
二、港口淤积问题	43
第四节 岩土边坡失稳问题	43
一、概述	43

二、斜坡的应力分布特征及影响因素	44
三、斜坡的变形与破坏	45
四、斜坡稳定性的影响因素	46
五、典型城市边坡失稳问题	48
第五节 岩土洞室失稳与变形问题	54
一、概述	54
二、围岩压力	55
三、洞室围岩的变形与破坏	57
四、城市地下工程的建设的洞室围岩失稳问题	59
第六节 水土流失问题	60
一、水土流失的含义与现状	60
二、城市化进程中的水土流失	62
第3章 城市环境岩土工程的化学变化问题	65
第一节 土体化学变化及作用机理	65
一、土体结构与土性质影响因素	65
二、土的变形效应	67
三、土-水具有力学效应的化学作用	68
四、土壤污染进程	70
五、土体污染和清污机理	71
第二节 岩土环境污染的主要途径	75
一、工业废水、废气引起的岩土体污染	75
二、固体废弃物引起的岩土体污染	76
三、岩土工程施工引起的岩土体污染	77
四、矿业城市的岩土体污染	78
第三节 不同场地岩土体污染问题研究	79
一、食盐堆放场地的土体污染	79
二、造纸厂周围的土体污染	83
三、化工厂周围场地的土体污染	87
四、放射性污染场地的土体污染	91

第二篇 城市环境岩土工程问题的防治技术

第4章 城市环境岩土工程问题的预测技术	100
第一节 环境岩土工程问题的预测模型	100

第二节 斜坡失稳的预测评估	102
一、影响斜坡稳定性的因素分析	102
二、斜坡失稳预测的影响因素量化加权平均值法	102
三、斜坡失稳预测的层次分析法	104
四、斜坡失稳预测的神经网络法	106
第三节 滑坡问题的预测预报	112
一、滑坡控制因子分析	112
二、滑坡预测预报的方法论	113
三、滑坡空间和时间预测预报方法	115
第四节 岩溶地面塌陷问题的预测	119
一、岩溶地面塌陷概述	119
二、岩溶塌陷预测的 GIS 技术	119
三、岩溶地面塌陷神经网络预测	123
四、区域岩溶地面塌陷稳定性预测	128
第五节 地面沉降问题的预测	133
一、土水模型	133
二、生命旋回模型	135
第 5 章 城市环境岩土工程问题的监测技术与方法	137
第一节 岩土工程活动变形监测	137
一、概述	137
二、监测内容	138
三、监测方法	139
四、岩土工程变形的系统监测	140
第二节 建筑物地基与基坑变形监测	141
一、建筑物沉降观测与深基坑工程的现场监测的内容	141
二、基坑工程及周边环境监测系统的布设	143
三、监测精度的确定及仪器的选择	144
四、观测周期的确定和终测标准	145
五、地基与基坑变形监测方法	146
第三节 岩溶塌陷问题监测技术与方法	149
一、监测区塌陷概况	149
二、监测区地质背景	150
三、岩溶塌陷监测方法	151

四、监测仪器	151
五、监测点布置	152
六、临界条件确定	152
第四节 斜坡岩土体变形监测	154
一、监测内容与常用监测方法	154
二、遥感技术在斜坡岩土体变形监测中的应用	155
第五节 城区环境岩土工程问题监测系统设计	157
一、系统方案制定的背景	158
二、城市基岩水准点设计	159
三、精密水准网设计	160
四、地面沉降监测网设计	162
五、滑坡位移监测网设计	162
六、断裂带应变场监测网设计	163
七、环境岩土工程问题与地质灾害监测信息系统设计	165
第 6 章 城市环境岩土工程问题的风险评价	166
第一节 不同类型城市环境岩土工程问题风险评价要点	166
一、环境岩土工程问题与地质灾害风险评价体系	166
二、不同类型城市环境岩土工程问题与地质灾害风险评价	167
第二节 城市典型环境岩土工程问题风险评价	171
一、城市岩溶塌陷风险评价	171
二、城市塌岸灾害风险评价	180
第三节 城市地质灾害与环境岩土工程问题的风险性综合评价	188
一、评价工作思路	189
二、评价指标体系的建立	189
三、模型单元划分	191
四、空间评价与预测模型	192
五、危险性评价结果	195
第 7 章 城市环境岩土工程问题的治理技术	197
第一节 特殊土地基岩土工程问题的防治措施	197
一、淤泥质类土作为地基的工程地质问题及防治措施	197
二、湿陷性黄土的改良与处理	202
三、膨胀土地基的稳定性问题及其改良方法	205

第二节 斜坡变形的治理措施·····	207
一、斜坡变形破坏的防治原则·····	207
二、斜坡变形破坏的防治措施·····	208
三、城市斜坡岩土体变形的防治·····	212
第三节 地面变形的治理措施·····	224
一、控制地面沉降的措施·····	224
二、岩溶塌陷的防治·····	227
三、采空塌陷的治理对策·····	228
第四节 污染土的修复与治理·····	231
一、污染土及其外观特征·····	231
二、污染物的种类及来源·····	231
三、地基土腐蚀作用的过程·····	231
四、地基土的腐蚀现象及对地基的危害实例·····	232
五、污染前后土物理力学性质变化·····	232
六、污染土壤的修复技术·····	234
七、污染土的防治处理措施·····	241

第三篇 实证研究（济南市为例）

第8章 济南市基本地质背景分析·····	244
第一节 自然社会环境·····	244
第二节 济南市的地形与地貌·····	245
一、侵蚀低山区·····	245
二、剥蚀丘陵区·····	247
三、堆积平原区·····	249
第三节 地层、岩石特征与分布·····	250
一、晚太古代地层（Ar）·····	250
二、古生代地层·····	250
三、新生代地层·····	254
四、岩浆岩·····	255
第四节 地质构造特征·····	256
一、区域构造·····	256
二、济南市区地质构造·····	257
第五节 水文地质条件·····	266

一、水文条件	266
二、济南市的主要含水层及水文地质特征	267
三、地下水运动条件	271
四、供水水文地质条件	272
第 9 章 济南市区域地壳稳定性分析和评价	273
第一节 区域稳定性研究思路	273
一、基本概念	273
二、优势面理论及在区域稳定性分析中的应用	273
第二节 区域优势断裂的确定	274
一、地质分析法	275
二、优势指标法	277
三、综合判断法	279
第三节 地震危险性分析	281
一、区域优势断裂类型与组合模型	281
二、潜在震源的确定	283
三、地震危险性分析	289
第四节 区域稳定性综合评价	290
一、隶属函数	292
二、模糊综合评判	292
三、场区优势断裂确定	294
四、区域稳定性综合评价结论	294
第 10 章 济南市岩土地基工程地质研究	296
第一节 济南市区岩石类型与工程地质特征	296
一、岩石类型与分布特征	296
二、岩石的工程地质特征与物理力学性质	304
第二节 济南市地基土类型与工程地质特征	306
一、地基土的类型与分布特征	306
二、地基土的物理力学性质	307
第三节 济南市岩土体立体结构及其工程地质特征研究	311
一、济南市岩土体立体结构的主要类型及分布	311
二、济南市岩土体立体结构的工程地质特征	312
三、济南市区岩土体立体结构的成因分析	314

第四节 济南市岩土地基使用能力分析	315
一、编制工程地质因素图	315
二、编制济南市岩土地基分区图	318
三、济南市岩土地基条件的优化利用	320
第 11 章 济南市地质灾害与环境岩土工程问题研究	321
第一节 济南市城市建设应注意的地质灾害	321
一、活断层	321
二、地震	322
三、岩溶	323
四、黄河洪汛、凌汛	323
第二节 济南市城市建设诱发或遇到的主要环境岩土工程问题	324
一、边坡失稳问题	324
二、地面变形与塌陷	328
三、岩土地基的污染问题	331
四、地下工程突水问题	331
五、地上悬河问题	334
六、软弱地基问题	337
第三节 济南市地基土污染腐蚀的物理力学性质变异规律研究	337
一、地基土污染腐蚀的水-土化学作用的物理力学效应实验	338
二、地基土现场腐蚀特征与物理力学性质变异规律	341
三、地基土室内与现场污染腐蚀后物理力学性质变异的对比分析	345
四、地下水和地基土污染的相互关系分析	345
五、结论	349
第四节 济南市基坑开挖引起的环境岩土工程问题研究	349
一、基坑开挖中环境岩土工程问题的主要类型	350
二、基坑开挖中环境岩土工程问题的有机联系	352
三、基坑开挖中环境岩土工程问题变异的危害	353
四、典型基坑工程工程地质力学研究	354
第 12 章 济南市岩土地基工程地质环境质量评价与分区	363
第一节 济南市岩土地基工程地质环境概况	363
一、工程地质环境概况	363
二、济南市工程地质主要控制因素和影响因素	365

三、济南市岩土地基的优势层和敏感层分析	366
第二节 济南市区岩土工程地质环境质量评价的优势指标	367
一、评价的主要因素	367
二、评价优势指标	368
第三节 济南市区岩土工程地质环境质量评价方法与结果分析	369
一、地质分析法	369
二、量化分析法	370
第 13 章 济南市地质灾害与环境岩土工程问题风险评价	379
第一节 风险评价优势指标与层次结构分析模型	379
一、济南市区城市建设中应注意的地质灾害与环境岩土工程问题	379
二、风险评价优势指标的确定	380
第二节 风险评价优势指标权值的确定	380
一、权值计算的数学模型	381
二、权值计算过程	383
第三节 地质灾害与环境岩土工程问题风险度的定量评定 与风险评价	384
一、风险度及风险度定量判定模型	384
二、风险评价结果	384
第 14 章 济南市典型环境岩土工程问题发育机理与治理措施	387
第一节 城市地质灾害和环境岩土工程问题治理的新理念	387
一、优势面减灾防灾原理	387
二、人地调谐理论	388
三、防治规划与措施	388
四、地质灾害和环境岩土工程问题的系统防治措施	389
第二节 砚池山滑坡地质特征	390
一、气象、水文	391
二、地层	392
三、构造	393
第三节 砚池山地质灾害现状与工程地质分区	396
一、砚池山地质灾害现状	396
二、工程地质分区	396
第四节 砚池山西边坡优势面及滑坡机理分析	398

一、优势结构面的确定及其组合分析	398
二、砚池山滑坡机理初步分析	400
第五节 砚池山边坡稳定性评价	402
一、砚池山边坡失稳变形类型分析	402
二、边坡稳定性评价	403
第六节 砚池山滑坡治理	414
一、砚池山滑坡治理新理念	414
二、研究和治理工程工作的三步计划	414
三、初步治理方案设计	415
四、砚池山公园初步规划	416
五、结论与建议	417
第 15 章 济南市生态城市规划与建设的地质研究	419
第一节 生态城市创建标准及目标系统	419
一、社会生态标准：文明	419
二、经济生态标准：高效	420
三、自然生态标准：和谐	421
第二节 济南优势断裂对城市建设的影响	422
一、控制济南泉水的分布	422
二、预测寻找地热资源	423
三、控制第四系土体的分布和厚度	426
四、控制残丘与丘陵地貌特征	426
五、控制岩溶地貌溶洞的分布	427
第三节 地质灾害危险性对济南市东部产业带扩展规划的影响	431
一、济南市东部产业带地质环境条件	431
二、地质灾害危险性对城市扩张规划的影响	432
三、城市规划与建设的建议	434
第四节 济南市地下空间开发与保泉问题的地质研究	435
一、地下空间利用在城市发展中的意义	435
二、优势面理论在地下空间开发与保泉中的应用	436
三、济南市地下水资源合理开发与利用	437
第五节 济南市区土地利用与工程地质环境耦合分析	444
一、地质环境与土地利用的基本概念	444
二、济南市土地开发利用的特点与问题	445

三、城市土地利用环境工程地质研究的理论与方法	447
四、RS 和 GIS 支持下的济南市城市土地利用优化配置	448
五、基于环境岩土工程研究的的城市土地利用适宜性分析	450
第六节 济南市的生态城市建设	452
一、城市土地利用适宜性分析与生态城市建设的建议	452
二、济南市人地环境与生态城市建设	454
参考文献	457

第一篇

城市环境岩土工程 问题的主要类型
