

中国城市轨道交通 交通工程地质

金 淮 主编

ZHONGGUO CHENGSHI GUIDAO
JIAOTONG GONGCHENG DIZHI

 中国计划出版社

中国城市轨道交通 工程地质

金 淮 主编

 中国计划出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国城市轨道交通工程地质/金淮主编. —北京:中国计划出版社,2015. 11

ISBN 978-7-5182-0290-4

I. ①中… II. ①金… III. ①城市铁路—轨道交通—工程地质—研究—中国 IV. ①U239. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 261063 号

中国城市轨道交通工程地质

金淮 主编

中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码:100038 电话:(010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

北京中科印刷有限公司印刷

880mm×1230mm 1/16 48.25 印张 1399 千字 彩插 8.75 印张

2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—2000 册

ISBN 978-7-5182-0290-4

定价:248.00 元

版权所有 侵权必究

本书环衬使用中国计划出版社专用防伪纸,封面贴有中国计划出版社专用防伪标,否则为盗版书。请读者注意鉴别、监督!

侵权举报电话:(010) 63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

本书编委会成员

主 编：金 淮

副主编：刘永勤 黄溯航 郭红梅

编 委：高文新 刘满林 李世民 周玉凤 庞 炜

龚选波 吴锋波 谢 峰 邢立军 王 伟

张亚华 李书君 冯科明 黄伏莲 彭友君

马雪梅 刘志强 裴 旭 廖远国 张建全

刘付海 高振鲲 吴炳涛 高 涛 陈利敏

皮景坤 刘润平 王荣权 王 彪 闫宇蕾

北京城建勘测设计研究院有限责任公司组织编写

前 言

进入 21 世纪以来,随着人口迅速增加,城市化进程不断加快,城市地面交通问题日益凸显。各大城市都存在“乘车难”和“行路难”的问题,因此发展城市公共交通、缓解交通拥挤是当前各大城市迫切需要解决的问题。

在此背景下,国内各大城市纷纷开展城市轨道交通工程建设工作,我国城市轨道交通工程建设进入了高速发展阶段。截至 2014 年末,我国已建成通车里程达到 2886 公里,在建城市轨道交通里程约 2000 公里,规划里程约 16000 公里。中国轨道交通建设用 10 年的时间,完成了国外 100 年的发展历程,跃居世界城市轨道交通之首。

地质体是工程的载体、是工程施工改造的对象、是工程与周边环境相互作用的媒介。同时,我国幅员辽阔,各地的大地构造、地形地貌、水文气象等基础地质条件不同、地质现象众多,地质条件具有明显的复杂性、差异性和不确定性。复杂的地质条件直接影响着工程建设的工期、造价和质量安全。据不完全统计,在我国城市轨道交通工程建设过程中发生的各类工程风险事件中有 70% 以上与地质条件有关,其中明挖法工程风险事件中 59% 的事故原因与软弱土质相关,矿山法中 50% 以上的工程风险事件与地下水相关,盾构法中 33% 的工程风险事件发生在软弱不均的地层中。

由于地质条件的复杂性和不确定性可能导致工程风险,所以地质条件是城市轨道交通工程建设中重要的客观条件和风险因素。中国城市轨道交通界的泰斗施仲衡院士在行业会议上多次强调“城市轨道交通工程建设地质是基础”。

本书组织编写单位——北京城建勘测设计研究院有限责任公司,是国内最早从事城市轨道交通工程地质工作的单位,作为现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的主编单位,50 余年来一直致力于中国城市轨道交通工程地质的研究和工程实践工作,先后在全国几十个城市主持和参与了当地的城市轨道交通工程地质研究工作,积累了丰富的经验和详实的资料。为了使城市轨道交通工程建设的各相关单位更好地了解各地的工程地质情况,更好地识别城市轨道交通工程建设中的工程地质问题,为城市轨道交通行业健康平稳发展作贡献,北京城建勘测设计研究院有限责任公司组织相关人员开展了本书的编纂工作,以期能为快速发展的城市轨道交通工程助一把力。

本次编纂工作,共搜集到全国 31 个在建城市轨道交通工程城市的工程地质资料。为了便于阅读和比较,章节安排上以各个城市独立成篇,城市篇章按首字母拼音排序。每篇分 6 章进行介绍,分别从自然地理、区域地质、典型地层、地下水、特殊地质条件、主要工程地质问题等方面介绍了各地城市轨道交通工程地质情况。

本书的编制过程中各地地铁公司和相关勘察单位提供了大量的帮助,在此表示感

谢，在本书的编写过程中还引用了有关单位和学者公开出版的技术资料，在此一并表示感谢。

鉴于全书篇幅巨大，书中引用了较多文献和数据，有些在书中未能一一标注出处，望予以谅解；同时，由于作者水平有限，书中难免存在不少错误与不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

二零一五年二月十五日于北京

目 录

概 述

1 城市轨道交通发展概况	3
1.1 轨道交通的定义	3
1.2 国外轨道交通的发展概况	3
1.3 国内轨道交通的发展概况	3
1.4 轨道交通工程的建设特点	4
1.5 轨道交通工程的常用施工方法	4
2 工程地质基本知识	5
2.1 工程地质条件的定义	5
2.2 水文地质条件	6
2.3 地质构造	7
2.4 第四纪堆积物的成因类型和特征	9
2.5 岩、土的分类	10
2.6 工程地质工作的意义	14
3 中国大陆工程地质概况	14
3.1 地理位置和海洋概况	15
3.2 气候情况	15
3.3 地形和地势	16
3.4 水系情况	16
3.5 各类土的区域分布	17
3.6 典型特殊性土的区域分布	17
3.7 水文地质条件的区域性特征	18
3.8 工程地质分区及特点	18
4 工程地质条件对轨道交通工程建设的影响	19
4.1 城市轨道交通工程的主要工程地质问题	19
4.2 不良地质作用对城市轨道交通工程的影响	20
4.3 特殊性岩土对城市轨道交通工程的影响	24
4.4 工程事故的地质因素分析	27
4.5 地质条件影响工程建设工期	29
4.6 地质条件影响工程造价	29
参考文献	30

北 京 市

1 自然地理	33
1.1 地理位置	33
1.2 气象	33

2	中国城市轨道交通工程地质	
1.3	水文	34
1.4	地形	35
1.5	地貌	35
2	区域地质	36
2.1	地质构造	36
2.2	断裂	36
2.3	前第四纪古地理演化	37
2.4	第四纪地质	38
2.5	地震效应评价	40
3	典型地层与特征	42
3.1	第四系地层分布特征	42
3.2	基岩	43
3.3	第四系地层成因	44
3.4	第四系地层划分	44
3.5	主要地层物理力学参数	46
4	地下水	50
4.1	地下水类型及特征	50
4.2	地下水动态变化规律	51
4.3	水文地质单元划分	51
5	特殊地质条件	52
5.1	不良地质作用	52
5.2	特殊性岩土	54
5.3	其他特殊地质条件	55
6	城市轨道交通主要工程地质问题	56
6.1	明挖法施工主要工程地质问题及对策	56
6.2	暗挖法施工主要工程地质问题及对策	57
6.3	盾构法施工主要工程地质问题及对策	57
6.4	高架桩基施工主要工程地质问题及对策	59
6.5	地下结构的抗浮问题及对策	59
	参考文献	59

常州市

1	自然地理	63
1.1	地理	63
1.2	气象	63
1.3	水文	63
1.4	地形地貌	64
2	区域地质	64
2.1	区域构造	64
2.2	前第四纪地层	64
2.3	第四纪地层	65
2.4	历史地震	66
3	典型地层及特征	66
3.1	主要地层成因及分布	66
3.2	地层的划分	66

3.3 典型地层 66

3.4 主要地层物理力学参数 66

4 地下水 70

4.1 地下水类型及成因 70

4.2 地下水水位动态分析 70

5 特殊地质条件 70

5.1 不良地质作用 70

5.2 特殊性岩土 72

6 城市轨道交通工程主要地质问题 72

6.1 明挖法施工存在的问题及对策 72

6.2 暗挖法施工存在的问题及对策 74

6.3 盾构法施工存在的问题及对策 74

参考文献 75

成都市

1 自然地理 79

1.1 地理位置 79

1.2 气象 79

1.3 水文 79

1.4 地形地貌 80

2 区域地质 81

2.1 区域构造 81

2.2 新构造运动 82

2.3 断裂 82

2.4 历史地震 83

2.5 第四纪地质 84

3 典型地层及特征 85

3.1 地层分布及特征 85

3.2 第四系地层成因 86

3.3 第四系地层划分 86

3.4 成都地区大粒径卵石、漂石分析 88

3.5 主要地层物理力学参数 90

4 地下水 93

4.1 含水层埋藏分布条件 93

4.2 地下水的补给、径流与排泄 93

4.3 地下水的动态特征 94

4.4 水文地质分区 95

5 特殊地质条件 97

5.1 不良地质作用 97

5.2 特殊性岩土 98

6 城市轨道交通主要工程地质问题 99

6.1 主要工程地质问题 99

6.2 明挖法施工主要工程地质问题及对策 99

6.3 暗挖法施工主要工程地质问题及对策 100

6.4 盾构法施工主要工程地质问题及对策 100

6.5 高架桩基施工主要工程地质问题及对策	101
6.6 地铁建设中面临的环境地质问题及对策	101
参考文献	102

重 庆 市

1 自然地理	105
1.1 地理位置	105
1.2 气象	105
1.3 水文	105
1.4 地形地貌	106
2 区域地质	107
2.1 地质构造	107
2.2 历史地震	107
2.3 地层岩性	107
3 工程地质特征	108
3.1 地层土质特征	108
3.2 地层主要物理力学参数	109
4 地下水	109
4.1 地下水类型	109
4.2 水的腐蚀性	110
4.3 隧道涌水量	110
5 特殊地质条件	110
5.1 不良地质作用	110
5.2 特殊性岩土	111
6 城市轨道交通主要工程地质问题及对策	112
6.1 特殊地质条件对轨道交通的影响及对策	112
6.2 明挖法施工	113
6.3 暗挖法施工	114
6.4 TBM 法施工	115
参考文献	116

大 连 市

1 自然地理	119
1.1 地理位置	119
1.2 气象	119
1.3 水文	120
1.4 地形地貌	121
2 区域地质	124
2.1 地质构造	124
2.2 新构造活动	124
2.3 历史地震	125
3 城区典型地层及特征	125
3.1 地层岩性	125
3.2 工程地质分区	127
3.3 地层主要物理力学参数	130

4 地下水 130

4.1 松散岩类孔隙水 130

4.2 基岩裂隙水 131

4.3 各岩土层的富水性及渗透系数 131

5 特殊地质条件 132

5.1 不良地质作用 132

5.2 特殊性岩土 132

6 城市轨道交通主要工程地质问题 133

6.1 明挖法施工 133

6.2 盾构法施工 133

6.3 暗挖法施工 134

参考文献 134

福 州 市

1 自然地理 137

1.1 地理位置 137

1.2 气象 137

1.3 水文 137

1.4 地形地貌 137

2 区域地质 138

2.1 地质构造 138

2.2 历史地震 139

2.3 福州盆地形成 140

2.4 地层岩性 142

3 典型地层及特征 142

3.1 岩土分布及特征 142

3.2 主要岩土物理力学参数 143

4 地下水 145

4.1 地下水类型 145

4.2 地下水补径排关系 147

4.3 地下水动态 147

4.4 地下水水位埋深 147

5 特殊地质条件 148

5.1 不良地质作用 148

5.2 特殊性岩土 148

6 城市轨道交通主要工程地质问题 149

6.1 隧道、基坑突涌 149

6.2 地下热水 149

6.3 软土地基的沉降变形 150

6.4 砂土液化与软土震陷 151

6.5 花岗岩残积土层 151

6.6 孤石地段 151

6.7 地层软硬突变 152

6.8 穿越断裂带 152

7 典型案例 153

7.1 风化岩影响 153

7.2 环境对地铁施工影响 153

7.3 隧道突涌 154

7.4 风化孤石 154

参考文献 155

广 州 市

1 自然地理 159

1.1 地理 159

1.2 气象 159

1.3 水文 160

1.4 地形地貌 163

2 区域地质 164

2.1 地质构造 164

2.2 历史地震 164

2.3 地层岩性 165

2.4 主要地层物理力学参数 173

3 地下水 178

3.1 地下水类型 178

3.2 地下水的补给、径流与排泄 184

3.3 地下水的动态特征 184

4 特殊地质条件 184

4.1 不良地质作用 184

4.2 特殊性岩土 185

5 城市轨道交通主要工程地质问题 186

5.1 盾构工法主要工程地质问题及对策 186

5.2 明挖工法主要工程地质问题及对策 188

5.3 矿山法主要工程地质问题及对策 189

6 典型案例 190

参考文献 191

哈尔滨市

1 自然地理 195

1.1 地理位置 195

1.2 气象 195

1.3 水文 196

1.4 地形地貌 196

2 区域地质 197

2.1 地质构造 197

2.2 历史地震 197

2.3 地层岩性 198

3 典型地层及特征 200

3.1 岩土分布及特征 200

3.2 主要岩土物理力学参数 200

4 地下水 202

4.1 地下水类型 202

4.2 地下水补径排关系 202

4.3 地下水动态 202

4.4 地下水水位埋深 202

5 特殊地质条件 202

5.1 不良地质作用 202

5.2 特殊性岩土 204

6 城市轨道交通主要工程地质问题 204

6.1 盾构法施工存在的工程地质问题 204

6.2 明挖法施工存在的工程地质问题 205

6.3 矿山法施工存在的工程地质问题 206

6.4 降水施工的工程地质问题 207

参考文献 207

杭 州 市

1 自然地理 211

1.1 地理 211

1.2 气象 211

1.3 水文 211

1.4 地形地貌 214

2 区域地质 216

2.1 地质构造 217

2.2 历史地震 220

2.3 地层岩性 221

3 典型地层及特征 222

3.1 岩土分布及特征 222

3.2 主要地层物理力学参数 224

4 地下水 227

4.1 地下水类型 228

4.2 地下水补径排关系 228

4.3 地下水的动态特征 228

5 特殊地质条件 228

5.1 不良地质作用 228

5.2 特殊性岩土 229

6 城市轨道交通主要工程地质问题 230

6.1 明挖法施工主要工程地质问题及对策 230

6.2 盾构法施工主要工程地质问题及对策 236

6.3 冻结法施工主要工程地质问题及对策 238

7 典型工程案例 239

7.1 事故案例工程概况 239

7.2 事故经过 239

7.3 事故原因分析 241

7.4 预防措施建议 242

参考文献 242

合 肥 市

1 自然地理	247
1.1 地理	247
1.2 气象	247
1.3 水文	248
1.4 地形地貌	249
2 区域地质	250
2.1 地质构造	250
2.2 历史地震	253
2.3 地层岩性	254
3 典型地层及特征	256
3.1 岩土分布及特征	256
3.2 主要地层物理力学参数	258
4 地下水	261
4.1 地下水类型	261
4.2 地下水补径排关系	261
4.3 地下水动态	262
5 特殊地质条件	262
5.1 不良地质作用	262
5.2 特殊性岩土	262
6 城市轨道交通主要工程地质问题分析及对策	263
6.1 明挖法施工主要工程地质问题及对策	263
6.2 矿山法施工主要工程地质问题及对策	265
6.3 盾构法施工主要工程地质问题及对策	267
参考文献	268

济 南 市

1 自然地理	271
1.1 地理	271
1.2 气象	271
1.3 水文	271
1.4 地形地貌	273
2 区域地质	273
2.1 地质构造	273
2.2 历史地震	276
2.3 地层岩性	277
2.4 地层岩性划分及分布	280
2.5 工程地质分区	281
2.6 主要地层物理力学参数	284
3 地下水	287
3.1 水文地质分区	287
3.2 各层地下水之间的水力联系	289
4 特殊地质条件	292
4.1 不良地质作用	292

4.2 特殊性岩土 293

4.3 城市轨道交通建设对泉水影响..... 294

5 城市轨道交通主要工程地质问题 295

5.1 岩溶对地基、基坑边坡、围岩稳定性的影响及对策 296

5.2 特殊地质体对隧道工程的影响..... 296

5.3 地下水控制及对周边环境的影响 297

5.4 软土的工程特性对地基稳定性的影响及对策 297

5.5 特殊性岩土对基坑边坡及隧道围岩稳定性影响及对策 297

5.6 软硬两种地层对盾构法施工影响及对策 298

5.7 卵石（碎石土）对盾构法施工影响及对策 298

5.8 卵石（碎石土）、胶结卵石对成桩的影响及对策 298

参考文献 299

昆 明 市

1 自然地理 303

1.1 地理位置 303

1.2 气象 303

1.3 水文 303

1.4 地形地貌 304

2 区域地质 304

2.1 地质构造 304

2.2 历史地震 306

2.3 地层岩性 307

3 典型地层及特征 309

3.1 岩土分布及特征 309

3.2 主要岩土物理力学参数 311

4 地下水 313

4.1 地下水类型 313

4.2 地下水补径排关系 313

4.3 地下水动态 314

5 特殊地质条件 314

5.1 不良地质作用..... 314

5.2 特殊性岩土 315

6 城市轨道交通主要工程地质问题 318

6.1 盾构法施工存在的工程地质问题 318

6.2 明挖法施工存在的工程地质问题 320

6.3 矿山法施工存在的工程地质问题 321

6.4 降水施工的工程地质问题 322

参考文献 322

兰 州 市

1 自然地理 327

1.1 地理位置 327

1.2 气象 327

1.3 水文 328

1.4 地形地貌	328
2 区域地质	331
2.1 地质构造	331
2.2 历史地震	332
2.3 地层岩性	332
3 典型地层及特征	332
3.1 岩土分布及特征	332
3.2 主要地层物理力学参数	334
4 地下水	335
4.1 地下水类型	335
4.2 地下水的补径排关系	336
4.3 地下水动态	336
5 特殊地质条件	337
5.1 不良地质作用	337
5.2 特殊性岩土	337
6 城市轨道交通主要工程地质问题	338
6.1 卵石层对地铁施工的影响	338
6.2 地下水对地铁施工的影响	340
6.3 隧道下穿黄河	340
6.4 地层软硬突变	340
6.5 泥岩膨胀性	341
参考文献	341

南 宁 市

1 自然地理	345
1.1 地理位置	345
1.2 气象	345
1.3 水文	346
1.4 地形地貌	346
2 区域地质	346
2.1 区域构造	346
2.2 断裂	346
2.3 褶皱	347
2.4 线性构造	347
2.5 历史地震	347
2.6 地层岩性	347
3 典型地层及特征	348
3.1 岩土分布及特征	348
3.2 典型地层划分	349
3.3 主要岩土物理力学参数	351
4 地下水	353
4.1 松散岩类孔隙水	353
4.2 碎屑岩类孔隙裂隙水	353
4.3 基岩裂隙水	353
4.4 碳酸盐岩裂隙溶洞水	354

5 特殊地质条件 354

5.1 不良地质作用..... 354

5.2 特殊性岩土 355

6 城市轨道交通主要工程地质问题 357

6.1 南宁市典型地层分析 357

6.2 典型地层中各施工方法存在的问题及对策 357

6.3 地下水的影响分析 360

南 京 市

1 自然地理 363

1.1 地理位置 363

1.2 气象 363

1.3 水文 363

1.4 地形地貌 363

2 区域地质 367

2.1 地质构造 367

2.2 历史地震 368

2.3 地层岩性 368

3 城区典型的地层与特征 372

3.1 典型基岩（红层）地层分布特征 372

3.2 第四系地层成因与地层分布特征 372

3.3 地层主要物理力学参数 374

4 地下水 376

5 特殊地质条件 378

5.1 不良地质作用..... 378

5.2 特殊性岩土 380

6 南京市城市轨道交通主要工程地质问题 381

6.1 明挖法施工主要工程地质问题 381

6.2 矿山法施工存在的工程地质问题..... 384

6.3 盾构法施工主要工程地质问题..... 385

6.4 降水施工的工程地质问题 387

6.5 砂土液化和渗透变形 387

参考文献 388

宁 波 市

1 自然地理概况 391

1.1 地理位置 391

1.2 气象 391

1.3 水文 392

1.4 地形地貌 392

2 区域地质 393

2.1 地质构造 393

2.2 历史地震 394

2.3 地层岩性 395

3 典型地层及特征 397