

# 广东省清远市清城区主要城市地质环境问题及特征剖析

林玮鹏\*, 刘 曼, 薛 朋

广东省有色金属地质局九四〇队, 广东 清远

收稿日期: 2021年11月12日; 录用日期: 2021年12月3日; 发布日期: 2021年12月10日

## 摘 要

随着清远市清城区城市建设的快速发展, 城市地质环境问题日渐显露。依托清远市清城区城市地质调查工作, 围绕清城区城市发展战略和亟待解决的城市地质环境问题, 通过以往地质资料分析、地表综合调查和钻探等多种方法相结合, 总结和梳理了清城区存在的主要地质环境问题, 包括可溶岩与岩溶、地质灾害、富水砂砾层、巨厚风化壳、软土、矿山地质环境等。同时剖析了主要地质环境问题的分布范围、分布特征和对城市建设发展的影响, 并提出相应的防治建议, 为城市发展规划、建设、管理与防灾减灾提供基础数据和科学决策依据。

## 关键词

城市地质调查, 地质环境问题, 特征剖析

## Analysis on the Main Urban Geological Environment Problems and Characteristics of Qingcheng District, Qingyuan City, Guangdong Province

Weipeng Lin\*, Man Liu, Peng Xue

No. 940 Branch of Nonferrous Metals Geological Bureau of Guangdong Province, Qingyuan Guangdong

Received: Nov. 12<sup>th</sup>, 2021; accepted: Dec. 3<sup>rd</sup>, 2021; published: Dec. 10<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

With the rapid development of urban construction in Qingcheng district of Qingyuan city, the ur-  
\*第一作者。

ban geological and environmental problems are becoming more and more obvious. Through the urban geological survey in Qingyuan city, based on the urban development strategy of Qingcheng District and the urban geological environment problems to be solved urgently, through the previous geological data analysis, comprehensive surface investigation and drilling methods, this paper summarizes and analyzes the main types of existing geological environment problems in Qingcheng district, they can be divided into six categories, which are geological disaster, soluble rock and karst, water-rich sand pebble layer, huge thick weathering crust, soft soil and mine geological environment problems. This paper analyzes the distribution range, distribution characteristics and influences on urban construction and development of these problems, and puts forward the corresponding prevention and treatment suggestions. It provides basic data and scientific decision basis for urban development planning, construction, management and disaster prevention and mitigation.

## Keywords

Urban Geological Survey, Geological Environment Problem, Characteristic Analysis

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

城市是人口、资源、信息相对集中区,是生产力发展水平的体现,其城市建设发展与地质工作紧密相关,特别是城市地质工作[1]。最早由 R.F. Legget 提出研究地质条件对城市发展的制约及影响[2],主要研究基础地质、水文地质、工程地质、环境地质等一系列内容[3],在此基础上回答保证性条件和约束性条件[4],保证性条件主要是包括各类资源,约束性条件则为主要地质环境问题,比如活动断裂和放射性[5][6]、地质灾害、岩溶塌陷、软土沉降等。而随着城市建设的快速发展、城市规模不断扩大以及城市人口的不断增加,人类工程建设活动频繁以及矿产资源进一步扩大开采等,加之城市本身地质条件的限制,使得城市出现地质灾害、矿山地质环境破坏等一系列城市地质环境问题,直接影响和制约着城市的进一步高质量发展[7][8][9][10],查明城市存在的地质环境问题是城市可持续发展的必要前提[11][12]。因此,党中央、国务院关于生态文明建设和新型城镇化进行一系列决策部署,广东省人民政府根据《国务院关于印发全国国土规划纲要(2016~2030年)的通知》、原国土资源部《关于加强城市地质工作的指导意见》等文件要求,加强城市地质工作,统筹地上、地下建设,促进绿色发展[13]。2018年,广东省自然资源厅印发的《广东省城市地质工作实施方案(2018~2025年)》,明确落实全省城市地质工作部署,要求2021年前完成全省国家级、省级城市地质调查示范,建成7处多要素城市地质调查示范基地,清远市清城区为广东省首先启动的试点调查城市之一。依托清远市清城区多要素城市地质调查工作[14],对清远市清城区的主要地质环境问题进行探析,讨论存在的主要地质环境问题类型以及剖析主要地质环境问题的分布范围、分布特征以及对城市发展的影响,提出相应的城市科学发展的对策建议。

## 2. 研究区概况

清城区位于广东省中部,北江中下游,清远市最南端,是清远政治、经济、文化中心。南邻广州市花都区,西邻清新区和佛山市三水区,东接广州市从化区,北连佛冈县和英德市,面积约1296 km<sup>2</sup>,属

“广州半小时经济圈”和“珠三角 1 小时经济生活圈”。清城区地处珠江三角洲冲积平原与粤北山地交界地带，在我国东部最低的地貌阶梯内，地貌区主要由山区、丘陵、台地、平原等地貌组成，兼有平原和山区，大大制约着清城区的经济发展。清城区经济发展以农业为主，轻工业、旅游业为辅，第一产业为传统农业、特色农业和生态农业，第二产业为轻工业，第三产业为旅游业、商品流通体系。

### 3. 地质背景

清城区在大地构造单元中属于羌塘 - 扬子 - 华南板块(I)、华南陆块(II)、罗霄 - 云开弧盆系(III<sub>1</sub>)、武夷地块(III<sub>1</sub><sup>7</sup>)。区域地层出露较齐全，主要出露震旦系、寒武系、泥盆系、石炭系、白垩系及第四系，其中震旦系 - 寒武系为一套厚度巨大的由变质砂岩、片岩、千枚岩、板岩、灰岩、硅质岩等构成的浅海相类复理式沉积建造；泥盆 - 石炭系主要由砾岩、砂岩、灰岩、页岩及煤层构成的滨海 - 浅海相沉积；白垩系为一套陆相红色砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩夹火山碎屑沉积。第四系主要为沿北江等主干河流分布的由砾、砂、粘土等组成的松散堆积物。

区域上先后经历了郁南、加里东、海西、印支、燕山、喜马拉雅构造阶段，形成规模巨大的以佛冈 - 丰良断裂带、吴川 - 四会断裂带、广从断裂等东西向、北东向构造带为主体的构造格架，并造成奥陶纪、志留纪、早泥盆世、二叠纪地层的缺失。

区域内岩浆活动频繁、岩石类型复杂，具有多期、多阶段活动的特点，从加里东期至燕山期形成一系列以中酸性 - 酸性岩体为主的岩浆岩。区内矿产资源以非金属为主，有色金属、贵金属、稀有金属匮乏。

### 4. 主要城市地质环境问题剖析

通过开展清远市清城区多要素城市地质调查，并结合对城市建设过程中形成的地质资料的研究分析，掌握了清城区存在的主要地质环境问题，主要包括可溶岩与岩溶、地质灾害、富水砂砾层、巨厚风化壳、软土以及矿山地质环境问题等。

#### 4.1. 可溶岩与岩溶

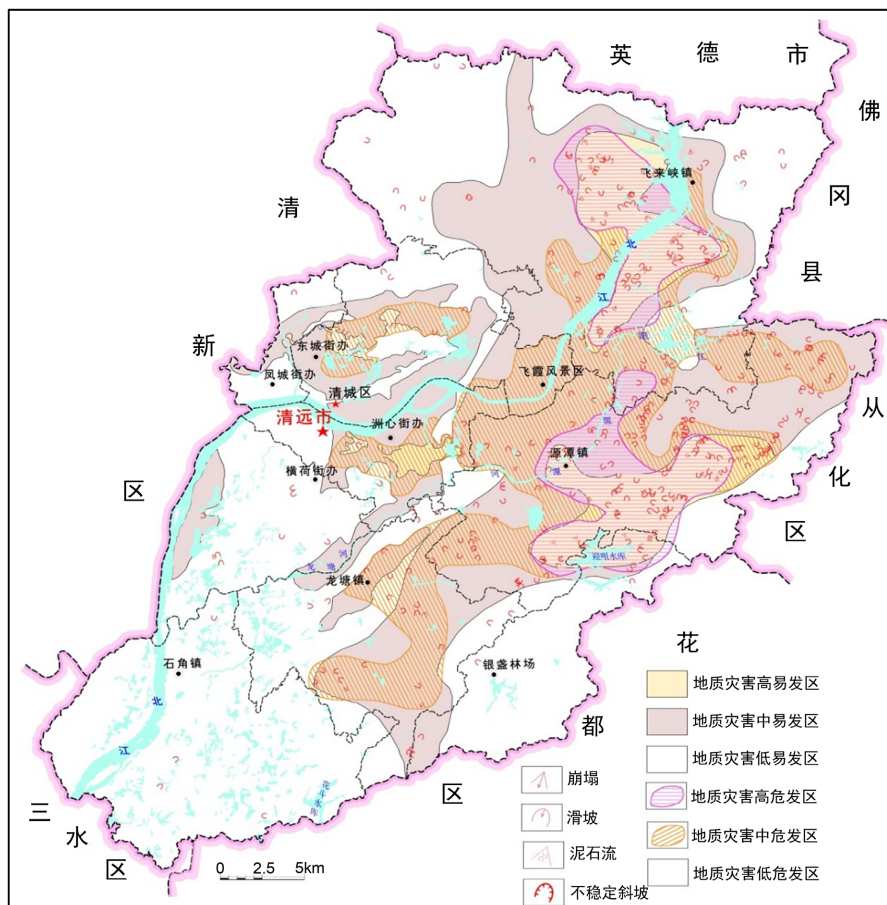
清城区可溶岩分布面积约 221.76 km<sup>2</sup>，占清城区全域面积 17.11% (见图 1)，基本为隐伏状态，以埋藏型岩溶为主，岩性主要有泥盆系天子岭组(D<sub>3</sub>l)灰岩、炭质灰岩、泥质灰岩、角砾状灰岩以及白垩系百足山组(K<sub>1</sub>b)、三水组(K<sub>2</sub>ss)灰质砾岩、钙质泥岩和泥灰岩等，主要分布于研究区中部—西部北江冲积平原区内。

裸露型岩溶仅见于东城街办东北部局部和源潭镇北部，呈条带状分布，分布面积约 0.99 km<sup>2</sup>。

覆盖型岩溶主要分布于洲心街办北江两岸、东成街办以南、北江东岸以及龙塘镇冲积平原区等地，分布面积约 66.03 km<sup>2</sup>。其第四系覆盖层厚度 2.1~68.1 m，大部分为浅覆盖型，盖层岩性主要有粘性土、淤泥类土、砂土及碎石土，结构多以多元、一元为主。当盖层土体为二元或多元结构时，溶蚀相对发育，溶洞见洞率较高，为 53.3%，单孔发育溶洞 1~11 层，单孔溶洞总高度 0.3~30.6 m，单层溶洞高度 0.1~28.7 m，线岩溶率 2%~88.17%。

埋藏型岩溶主要分布于北江北岸东城街办以北、北江南岸洲心街办以南至龙塘镇、源潭镇以及凤城街办—石角镇以西等地，分布面积 154.74 km<sup>2</sup>。灰岩埋深 1.8~77.5 m，上覆非可溶岩厚度 0.7~56.6 m，岩溶发育，见洞率为 50.5%，多发育于北江冲积平原区上，单孔发育溶洞 1~9 层，单孔溶洞总高度 0.16~21.3 m，单层溶洞高度 0.16~18 m，线岩溶率 0.52%~86.57%。

隐伏岩溶区岩溶发育，可溶岩富水性较好，富水的砂砾层分布较广且发育较厚，为岩溶地面塌陷提供了有利的物质基础，下部岩溶发育情况下，盖层土体在流水作用下会不断潜蚀、崩解、塌落，形成土洞，再不断扩大直至靠近地面，从而产生塌陷，为塌陷易发区。



**Figure 1.** Geological hazard prone and danger zoning map of Qingcheng District  
**图 1.** 清城区地质灾害易发和危险性分区图

#### 4.2. 地质灾害

清城区以突发性地质灾害为主，以崩塌、滑坡为主，次为泥石流；以微、小型为主，以土质边坡为主。地质灾害多发于雨季，主要分布于源潭镇和飞来峡镇，主要发育于 20~100 m 范围内的低山丘陵地貌区，多位于山区农村削坡建房、修(改)建公路等人类工程活动最为强烈的地段。

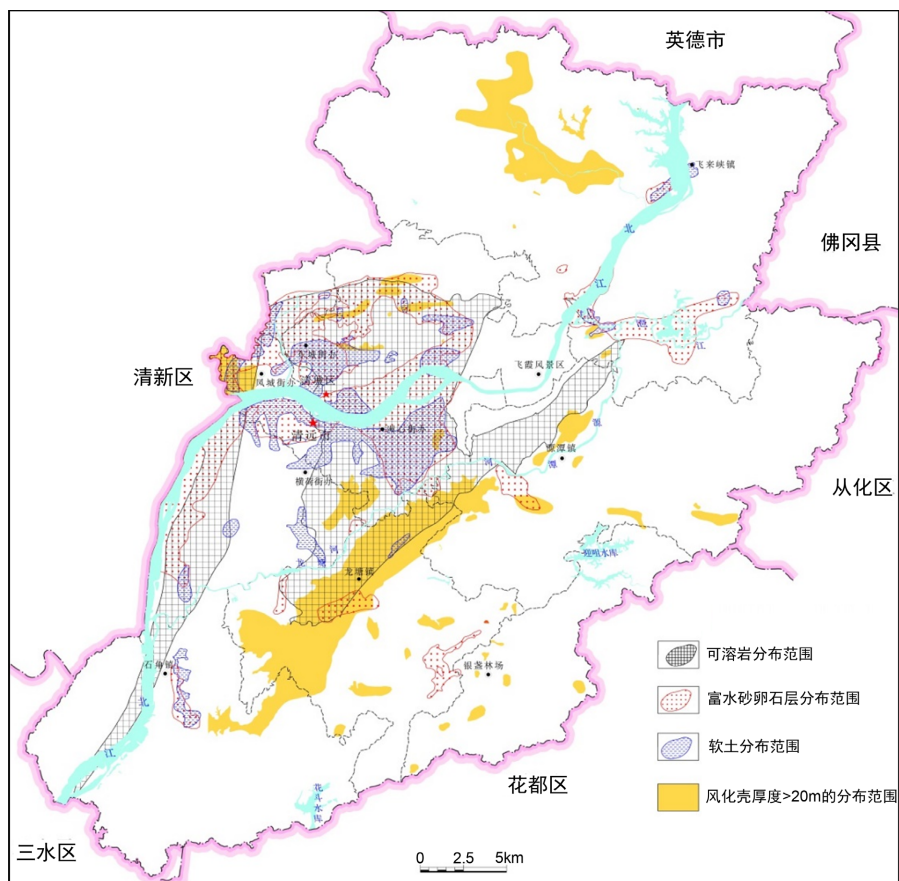
清城区总体以低易发区为主(见图 1)，其中地质灾害高易发区总面积 115.41 km<sup>2</sup>，占比 8.90%；地质灾害中易发区总面积 508.66 km<sup>2</sup>，占比 39.24%；低易发区总面积 672.24 km<sup>2</sup>，占比 51.86%。

清城区以低危险区为主(见图 1)，其中地质灾害高危险区面积 127.47 km<sup>2</sup>，占比 9.83%；中危险区面积 244.97 km<sup>2</sup>，占比 18.90%；低危险区 923.87 km<sup>2</sup>，占比 71.27%。

#### 4.3. 富水砂砾层

清城区富水性砂砾层主要分布于河流冲积平原、山前平原及古河道处，分布范围为北部笔架山南部坡脚及山前平原处、北江与潯江两岸河流冲积平原处及山间谷地平原处，分布面积约 135.81 km<sup>2</sup> (见图 2)。岩性主要以中粗砂、砾砂、角砾、圆砾、碎石及卵石为主，总厚度在 0.3~30.9m 之间，平均厚度 7.63 m，厚度分布不均，厚度较大处多分布在北江两岸河流冲积平原及阶地处。主要以冲洪积成因为主，砂砾层大部分上部覆盖有粉质黏土层或软土层，砂砾层垂向上多为中粗砂、砾砂、角砾、圆砾及卵石相互组合，部分岩性呈现出交替出现。





**Figure 2.** Distribution map of main geological environment problems in Qingcheng District  
**图 2.** 清城区主要地质环境问题分布范围图

该层结构松散，渗透系数大，透水性强，为主要含水层，富水性中等-丰富。部分均匀分布的砂砾层中，夹杂着许多砂层透镜体。砂层透镜体由于形成初期水动力不足，基岩起伏较大，因而厚度极不均匀。透镜体在开挖后，自然风干，短时间内失去自稳能力，断面就会发生崩塌。在砂砾层中，含水层岩性以砾砂、卵石为主，局部为细、中、粗砂充填其中，含水层岩性比较松散，粘聚力低，受到机械开挖扰动后容易产生颗粒流动。

区内部分砂砾层分布区域，下覆基岩主要以灰岩为主，岩溶较发育，上部松散岩类孔隙水与下部岩溶水联系密切，地下水条件复杂，在进行桩基施工或基坑开挖时，揭穿岩溶承压水层时涌水量增大，对工程建设影响较大。

强富水性砂砾层对基坑工程及地下隧道工程建设影响较大。在工程勘察期间要重点查明砂砾石层的分布范围、厚度、地下水水位、富水性及周围地表水的水利联系等。

#### 4.4. 巨厚风化壳

清城区约 817.65 km<sup>2</sup> 区域为低山丘陵区，其风化壳分布广泛(见图 2)。全-强风化侵入岩及其残积土层主要分布于东北部飞来峡镇、东南部源潭镇至龙塘镇一带，分布范围广，残积土层厚约 1.3~23.6 m，岩性以砂质黏性土和砾质黏性土为主，全风化侵入岩厚度 1.05~36.0m，强风化侵入岩厚度 3.5~45.0 m。大部分区域风化壳厚度小于 20 m，大于 20 m 的区域主要分布于源潭镇-龙塘镇一带以及东城街道北侧。

花岗岩残积土和风化岩一般具有遇水会软化、崩解特性，巨厚风化壳区域其崩塌、滑坡、泥石流频发；

对于边坡和基坑开挖时,须采取合理的施工方案,及时进行封底及防渗和支护,避免因水浸泡其强度降低;地下隧道开挖施工时应采取有效措施,避免裸露时间过长或长时间被水浸泡,防止遇水软化和失水干裂。

#### 4.5. 软土

清城区软土层分布虽不广泛(见图 2),分布面积仅 56.11 km<sup>2</sup>,但软土分布区域兼有可溶岩和富水砂砾层分布,多重地质环境问题分布区域,在城市建设过程中仍需重视。软土层主要为淤泥、淤泥质土、淤泥质黏土、淤泥质粉质黏土与泥炭土等,主要分布在冲积平原,湖沼平原,区内软土厚度在 0.3~30.2 m 之间,平均厚度 6.27 m,厚度分布不均,厚度大于 10 m 的地段主要分布于洲心街道中部及东城街道南侧,其余大部分地区软土零星分布。

区内软土(淤泥、淤泥质黏土与淤泥质粉质黏土)具有厚度变化大,分布不均、含水量高、孔隙比大,压缩性高、抗剪强度低、灵敏度高的特点,给城市建设带来许多复杂的环境岩土工程问题,主要表现在如下几个方面:① 建筑物沉降与变形;② 桩位偏移、断桩、缩颈;③ 基坑失稳、滑移或坑底隆起;④ 地面隆起等等。

#### 4.6. 矿山地质环境

清城区矿山地质环境问题主要有:矿山地质灾害、占用与破坏土地资源、破坏地形地貌景观、含水层影响与破坏、水土环境影响等五大类。

##### 1) 矿山地质灾害

清城区矿山均为露天开采,其矿业开采活动引发的矿山地质灾害以小型崩塌及滑坡为主。崩塌(隐患)地质灾害主要是露天开采的采场挖采而产生,特别是丘陵山区原地形坡度较陡和节理裂隙较发育的岩质边坡及高差变化大的矿区产生的矿山地质灾害较多,多分布于矿山开采边坡、废石(土、渣)堆场边坡及道路边坡(吴育新,2017)。滑坡(隐患)地质灾害主要是在矿山排土场、露天采场边坡,特别是丘陵山区原地形利于汇水地段。

##### 2) 占用与破坏土地资源

露天开采的各类采矿活动均破坏和占压土地资源,主要表现为采矿活动挖损土地并破坏地形和植被;堆场、生活区和矿区道路的建设等压占土地并破坏植被,引发地质灾害和水土流失。根据矿业开发行为,分为采矿场、弃石(土、渣)堆场、工业广场、生活场地、矿山道路及外围剥土等,尤以采矿场和排土场破坏最为严重,破坏土地类型以破坏林地和其他类型土地为主(图 3)。

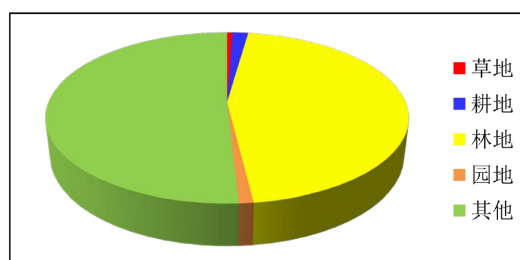


Figure 3. Scale map of different types of land destroyed by mines in Qingcheng District  
图 3. 清城区矿山破坏不同类型土地面积比例图

##### 3) 破坏地形地貌景观

清城区矿山开采破坏地貌景观主要表现为露天开采形成的采坑、废石堆、排土场、工业场地、生活场地以及外围剥土等,这些矿业开发活动区使原有地形标高改变、坡度变陡、破坏原有地表植被,与周

边原始地形地貌形成较大反差,造成一定程度原生地形地貌景观破坏,其破坏不仅仅是平面上的破坏,其立面破坏更为明显。

#### 4) 含水层影响与破坏

清城区露天开采矿山可分为正地形山坡式和负地形凹陷式露天开采。正地形山坡式露天开采矿山均能自然排水,采坑底标高高于侵蚀基准面,地下水位基本不变;负地形凹陷式露天开采矿山,采坑底标高低于侵蚀基准面 15~25 m,采矿作业时,需要机械排水,地下水位明显下降,在影响半径范围内会有不同程度的地下水位下降现象。由于本区降雨量较丰沛,且均为山林地区,居民稀少,地下水位下降未导致植被干枯[15]。因此,含水层破坏并不严重,且清城区多数矿山已停止开采多年,已经得到自然恢复,对周边地下水位影响较小,对地质环境影响较轻微。

#### 5) 水土环境影响

清城区矿山大部分矿山为露天开采建筑石料及陶瓷土矿山,且已闭坑多年,接受大气降水,自然排出,不产生废水,存在废水排放主要是生产矿山,主要为矿山生活用水和矿山生产除尘洗车用水及地表径流排水。矿石本身无有毒有害物质析出,地表水径流为弱透水性的岩土层,渗透力低,影响范围有限,故排放的废水和堆存的废土石总体上对地下水水质影响较小,但由于地表裸露及堆填废土石,暴雨冲刷下易产生水土流失,泥沙含量较大,水体较为浑浊,需要一定距离的沉淀自净。

## 5. 结论及建议

### 5.1. 结论

通过清远市清城区多要素城市地质调查,结合清城区已有城市地质资料的综合分析,梳理出清城区存在的主要城市地质环境问题,包括地质灾害、可溶岩与溶洞、富水砂砾层、巨厚风化壳、软土和矿山地质环境等六类;此外矿山地质环境又包含矿山地质灾害、占用与破坏土地资源、破坏地形地貌景观、含水层影响与破坏、水土环境影响等五大类问题。确定了清城区地质环境问题分布范围,掌握了其地质环境问题分布特征和对城市建设发展的影响。尤其在清城区北江中部一带即目前清城区主要城市建设区多重城市地质环境问题叠加影响,对城市建设影响愈加明显。

### 5.2. 建议

因此在存在城市地质环境问题区域开发建设前需对其进行更为详细的地质勘察工作,主要的防治建议如下:

1) 地质灾害:各有关部门对地质灾害的危害性应有足够的认识,特别是对地质环境可能构成影响的工程项目立项、审批要严格把关,制定相应的治理措施。同时加强宣传教育,进一步提高群众防灾意识和干部的应急反应能力。此外,清城区的岩溶地面塌陷发育,在隐伏岩溶发育区,特别是重点建设区域,对已建工程或拟建工程区域,严禁地下水的抽采,工程建设尽量避开发育的地段。建议相关部门应尽快建立系统完善的地面塌陷监测预警系统,完善地下水资源管理措施,出台岩溶地面塌陷防控管理政策。

2) 富水砂砾层:富水砂砾石层是一种力学不稳定层,尤其是地下隧道盾构施工穿过该层时,可能引发地面沉降甚至地面塌陷现象,因此在盾构掘进时应采取相关预防控制措施;富水性砂砾层一般具有透水性强,富水性好的特点,在进行地下室设计及基坑开挖过程中一定要查明水文地质条件,查明不同地下水类型之间的水力关系及地下水与周围地表水的水力联系等。

3) 软土:软土较厚的区域,工程建设时应重点对软土进行改良和有效的处理,宜采用其上部硬壳层、粉土粉砂层,下部硬土层作为持力层,在此地段规划建设时,应着重考虑软土的沉降和低强度对工程建设的影响。

## 基金项目

清远市财政项目“清远市清城区多要素城市地质调查(项目编号: 41802-202001-405001-0001)”。

## 参考文献

- [1] 郑桂森, 卫万顺, 于春林, 等. 城市地质工作与城市发展关系研究[J]. 城市地质, 2016, 11(4): 1-6.
- [2] Legget, R.F. (1973) *Cities and Geology*. McGraw Hill, New York.
- [3] 李烈荣, 王秉忱, 郑桂森. 我国城市地质工作主要进展及未来展望[J]. 城市地质, 2012, 7(3): 1-11.
- [4] 郑桂森, 栾英波, 王继明, 等. 北京建设世界城市中主要地质环境问题的思考[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2013(1): 7.
- [5] 罗勇. 中国城市发展引发的地质问题与绿色对策[J]. 城市观察, 2016, 8(3): 137-143.
- [6] 刘明坤, 贾三满, 陈柘舟, 等. 北京平原区高丽营地裂缝带活动性及灾害特征研究[J]. 上海国土资源, 2014, 35(4): 53-57.
- [7] 郭培国, 戴志强, 聂道忠, 等. 城市地质的研究内容和发展现状[J]. 资源环境与工程, 2014, 28(3): 304-307.
- [8] 孙璐, 邢丽霞, 郑跃军, 等. 典型国家城市化进程中的地质环境问题及对策研究[J]. 资源与产业, 2014, 16(6): 129-135.
- [9] 卫万顺, 郑桂森, 于春林, 等. 未来 10-15 年我国城市地质工作战略构思[J]. 城市地质, 2018, 13(1): 1-8.
- [10] 郑桂森. 城市地质学理论研究[J]. 国土资源科技管理, 2018, 13(2): 1-12.
- [11] 武强, 李瑞军. 我国城市环境地质问题类型划分研究[J]. 有色金属, 2007, 59(3): 103-106.
- [12] 张秀芳, 李善峰. 国内外城市环境地质工作进展[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(4): 96-100.
- [13] 程光华, 杨洋, 赵牧华, 等. 新时代城市地质工作战略思考[J]. 地质论评, 2018, 64(6): 1438-1446.
- [14] 广东省有色金属地质局九四〇队, 等. 清远市清城区多要素城市地质调查成果报告[R]. 2021.
- [15] 广东省有色金属地质局九四〇队. 广东省清远市清城区矿山地质环境详细调查报告[R]. 2019.