

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2024.04.016

深圳市南澳街道地区地表基质垂向结构特征研究

黄沁怡^{1,2}, 李晴岚^{1*}, 刘璐²

HUANG Qin-Yi^{1,2}, LI Qing-Lan^{1*}, LIU Lu²

1. 中国科学院深圳先进技术研究院, 广东深圳 518000; 2. 深圳市自然资源和不动产评估发展研究中心, 广东深圳 518000

1. Shenzhen Institute of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518000, Guangdong, China;

2. Development Research Center for Natural Resources and Real Estate Assessment, Shenzhen 518000, Guangdong, China

摘要: 地表基质调查可为地方经济可持续发展、资源合理利用和生态环境保护等提供科学依据。本文以深圳市南澳街道为研究区域, 依据岩石风化程度和植被覆盖程度对该区域进行分区调查, 主要探讨低山丘陵区域和滨海第四系沉积区域的地表基质垂向分布特征, 探索适宜深圳市的地表基质调查方法, 取得了以下认识: (1) 通过选点取样和测量裸露剖面的方法, 确定了研究区内低山丘陵风化壳区的地表基质垂向结构以薄层风化壳—基岩为主要特征, 上层以 1 m 以内厚度的壤土为主, 下层基岩以岩浆岩为主; (2) 通过整理已有钻孔资料, 确定了研究区内滨海第四系沉积区地表基质垂向结构以黏土—基岩、砂土—黏土—基岩为主要特征, 部分地区有人工填土, 土质层厚度多在 20 m 以内。本研究填补了深圳在地表基质调查领域的空白, 为理解地表基质与其他自然资源和环境要素之间相互关系提供了基础, 并为深圳市后续地表基质调查提供了可参考的技术方法和建议。

关键词: 地表基质; 垂向结构; 深圳市南澳街道; 低山丘陵区; 滨海第四系沉积区域

中图分类号: P962

文献标识码: A

文章编号: 2097-0013(2024)-04-0783-11

Huang Q Y, Li Q L and Liu L. 2024. The Study on Vertical Structure Characteristics of Ground Substrate in Nan'ao Street, Shenzhen. *South China Geology*, 40(4): 783-793.

Abstract: Ground substrate survey can provide a scientific basis for the local economic sustainable development, rational resource utilization, and ecological environment protection. This study focused on the Nan'ao Street in Shenzhen as the study region, conducting a zonal survey based on rock weathering degree and vegetation coverage. The primary objectives were to investigate the vertical structure characteristics of ground substrate in low mountain and hilly areas, as well as in coastal Quaternary sedimentary areas, and to explore suitable methods for the ground substrate survey in Shenzhen. The following two understandings are obtained: (1) By selecting sampling points and measuring exposed profiles, we determined that the vertical structure of the ground substrate in the weathered crust area of low mountain and hills is mainly characterized by bedrock covered with a thin weathering crust, with the topsoil primarily consisting of loam within a thickness of 1 meter and the underlying bedrock primarily consisting of magmatic rocks. (2) By organizing existing drilling data, we ascertained that the vertical structure of the ground substrate in the coastal Quaternary sedimentary area is mainly characterized by bedrock covered with clay, and bedrock covered with

收稿日期: 2024-10-24; 修回日期: 2024-11-26

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42475001)、深圳市基础研究面上项目 (JCYJ20210324101006016)

第一作者: 黄沁怡 (1996—), 女, 博士后, 主要从事自然资源与地表基质调查研究工作, E-mail: 787746782@qq.com

通讯作者: 李晴岚 (1971—), 女, 研究员, 博士生导师, 主要从事气象大数据研究工作, E-mail: ql.li@siat.ac.cn

sandy soil and clay, with some areas covered by artificial fill. The thickness of the soil layer is mostly within 20 meters. This study fills a gap in the field of ground substrate survey in Shenzhen, providing a foundation for understanding the interrelationships between ground substrate and other natural resources and environmental factors, and offers reference technical methods and suggestions for the follow-up ground substrate surveys in Shenzhen.

Key words: ground substrate; vertical structure; Nan'ao Street in Shenzhen; hilly region; coastal Quaternary sedimentary area

自然资源的合理管理和保护对于实现国家可持续发展至关重要。随着自然资源部于2020年1月发布《自然资源调查监测体系构建总体方案》，我国自然资源的调查与监测工作迈入一个新的发展阶段。该方案不仅构建了系统的自然资源分层分类模型，还首次明确了地表基质层的概念（自然资源部，2020a）。地表基质层作为自然资源分层分类模型的基础层，具有多方面的生态功能和资源价值，包括支撑植物生长、提供微生物生存环境、维持地表水体和地下水体的稳定等（葛良胜和夏锐，2023；袁国礼等，2023；杨永等，2024）。在此背景下，地表基质调查已成为自然资源管理的新兴焦点，对于促进资源的可持续利用和加强生态环境保护具有重要意义。

地表基质层是地球表层生态系统正常运转的关键自然层状体，通常厚度不超过地表以下50 m。地表基质可进一步细化为岩石、砾质、土质和泥质四类（自然资源部，2020b），岩石基质提供物理支撑，砾质影响水分流动，土质富含养分，而泥质则是水生生态系统的基础，这些分类反映了地表基质在自然作用下的多样性和复杂性（张闯等，2023；李洪宇等，2024）。根据成因和分布特征，地表基质层可分为基岩层和松散堆积层，进而细分为原地风化堆积型和异地搬运沉积型等多种类型。这些类型反映了地表基质层在地质作用下的多样性和复杂性（贾磊等，2022；袁国礼等，2023）。此外，地表基质层还与人类活动紧密相关，农业耕作、城市化和矿产开采均会改变地表基质的状态，影响生态系统的功能和稳定性。因此，深入理解地表基质层的特性和演变对于保障地球表层生态系统的可持续发展至关重要（Anderson et al., 2008；Lin H S, 2010；霍东等，2024）。

当前，各地已经建立了适用于当地的地表基质调查技术方案，并在理论基础、目标定位、分类方案、指标要素和服务应用等方面取得了显著进展（葛良胜和杨贵才，2020；殷志强等，2020，2023；葛良胜等，2022；姚晓峰等，2022；陈彭等，2023；郝爱兵等，2024）。具体调查内容涵盖了岩石基质、砾质基质、土质基质和泥质基质等多种类型，每种类型的调查内容可以针对不同的调查要素和指标开展工作（侯红星等，2021a；张凤荣，2023；邵海等，2023；朱晔亭等，2023；陈彭等，2024）。针对各地不同的实践经验，学者们提出了多种地表基质调查技术方法及成果应用方向。例如，侯红星等（2021b，2022）基于河北保定地区及黑龙江宝清地区的实践经验，总结了地表基质调查内容和指标要素，并探讨了不同区域、不同类型地表基质层调查底界，提出了地表基质调查工作部署意见，为自然资源地表基质层调查工作提供借鉴和参考。刘玖芬等（2024）基于吉林省梨树县、辽宁省丹东市、黑龙江省哈尔滨市三个地表基质调查试点项目实测数据，分析了地球化学元素的垂向变化特征，提出了地表基质垂向上的分层结构，包括表层（0~2 m）、中层（2~10 m）和深层（10~20 m），并构建了4+N型分层测试指标体系，推动了地表基质调查的标准化和规范化。王建伟等（2024）在长春地区地表基质调查工作的基础上，提出基于地貌单元分区的地表基质结构调查方法，并系统总结了该区地表基质的空间结构特征，为相邻或相似区域的地表基质调查提供借鉴。此外，综合物探技术，如天然源面波法和高密度电法，在查明地表基质层的垂向分层中也显示出良好的应用效果，为地表基质的科学管理和合理利用提供了重要支撑（高奇等，2024）。

前述各地的地表基质调查为这一领域提供了宝贵的经验和方法。地表基质作为一个新兴概念,需要在具有不同地质地貌特征的地区开展,以丰富我们对地表基质的认识。此外,地表基质理论体系尚在发展之中,需要进一步的学术研究和实践探索,特别是在地表基质垂向结构调查方面,目前还未形成统一的调查深度和技术方法。深圳作为中国经济发展的前沿城市,开展这一调查不仅能够支撑深圳的可持续发展,还能为资源的合理利用和生态环境的保护提供科学依据。因此,本文以深圳市南澳街道的地表基质调查为例,旨在深入探讨该地区地表基质的垂向分布结构特征,分析地表基质与其他自然资源和环境要素的相互关系,并为后续更全面的地表基质调查工作提出

建议,以期为相关领域的研究和实践提供参考。

1 研究区概况

1.1 自然地理

南澳街道是深圳市面积最大的街道,陆地面积 115.06 km²,位于深圳市东部大鹏半岛最南端,地理坐标为东经 114°28'~114°37',北纬 22°26'~22°34'。研究区地貌为滨海低山丘陵,以古火山遗迹和海岸地貌为主体,属山地海岸类型,境内的七娘山海拔高度 867 m,是深圳第二高山(图 1)。七娘山主峰周围集中分布着一些海拔 500 m 左右的低山和一些小盆地。研究区属亚热带海洋性季风气候,年均气温 22~23℃,光照充足,降水丰富。

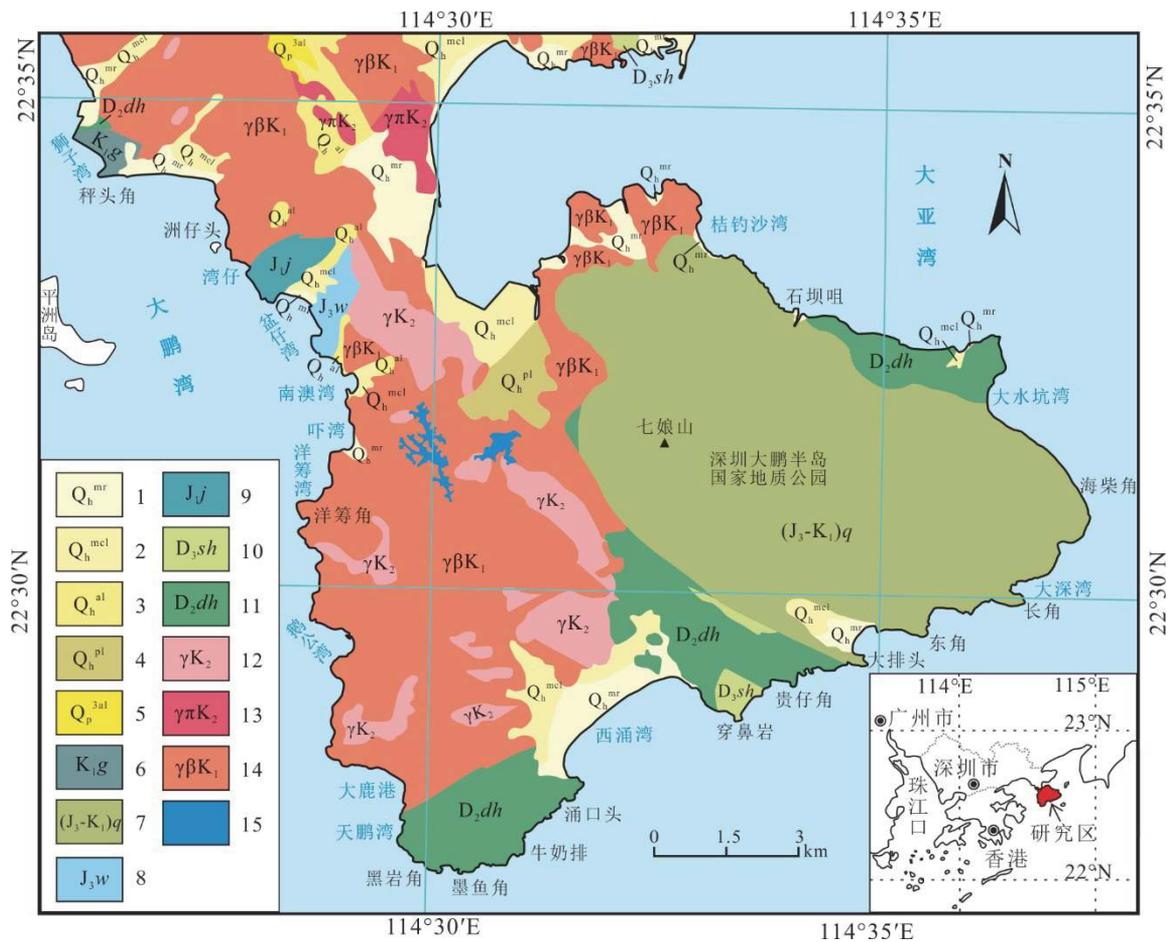


图 1 深圳市南澳街道地质图

Fig. 1 Regional geological map of Nan'ao Street, Shenzhen City

- 1.第四系全新统海积物; 2.第四系全新统潟湖堆积物; 3.第四系全新统冲积物; 4.第四系全新统洪积物; 5.第四系上更新统冲积物; 6.白垩系下统官草湖组; 7.上侏罗统-下白垩统七娘山组; 8.侏罗系上统梧桐山组; 9.侏罗系下统金鸡组; 10.泥盆系上统双头群; 11.泥盆系中统鼎湖山群; 12.晚白垩世细粒花岗岩; 13.晚白垩世细粒花岗岩; 14.早白垩世中粒斑状黑云母花岗岩; 15.水库

1.2 地层岩性

研究区内主要出露地层有:第四系(Q)松散沉积物;上侏罗统—下白垩统七娘山组 [$(J_3-K_1)q$]以酸性岩为主的火山岩建造;上侏罗统梧桐山组(J_3w)酸性火山岩建造;下侏罗统金鸡组(J_2j)石英砂岩、粉砂岩;上泥盆统双头群(D_3sh)石英砂岩、石英质砾岩、粉砂岩;中泥盆统鼎湖山群(D_2dh)石英砂岩、粉砂岩(图1)(梅村等, 2011a, 2011b)。该区域的岩浆侵入活动主要有两个阶段:(1)早白垩世,主要有王母岩体、鹅公岩体,岩性以中粒斑状黑云母花岗岩($\gamma\beta K_1$)为主;(2)晚白垩世,主要有插旗山和大新岩体,还有一些无名岩体,分布在七娘山火山岩区西部,规模较小,岩性为细粒花岗岩(γK_2)及少量花岗斑岩($\gamma\pi K_2$)(图1,姚锦梅等, 2022)。

1.3 土壤类型

研究区的土壤类型与地貌密切相关,呈现出一定的垂直分布规律,随着海拔由低至高依次为

赤红壤、红壤、黄壤(图2)。赤红壤是研究区最主要的土壤类型,主要分布于海拔300 m以下的低山丘陵、岗地和山坡地带。红壤发育于海拔300~600 m的高丘陵和低山一带,主要分布于大鹏半岛国家地质公园、抛狗岭、鹅公、尖峰顶等地。红壤和赤红壤都经历了较强烈的脱硅富铝化作用,但红壤受到的淋溶和沉淀作用强度更弱。黄壤形成于海拔近600 m以上的山地,主要分布在七娘山顶和大雁顶。由于海拔高,气温较低且湿度较大,黄壤的风化和富铝化作用强度明显弱于赤红壤和红壤。

2 地表基质分区

地表基质的形成受地质作用、气候环境、地形地貌和生物作用等自然因素综合影响,是地质大循环与生物小循环共同作用的产物(葛良胜和杨贵才, 2020;董天钰等, 2023)。本文研究区域较

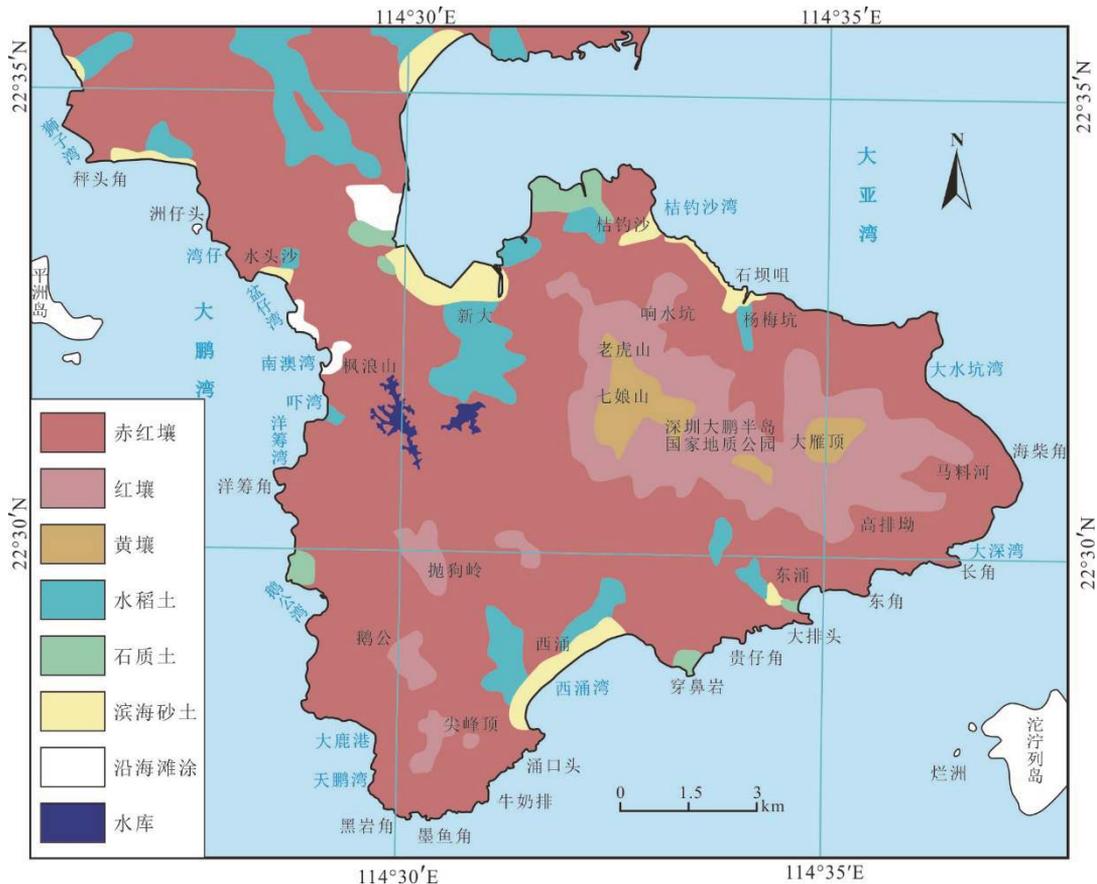


图2 深圳市南澳街道土壤类型空间分布图

Fig. 2 Spatial distribution map of soil types of Nan'ao Street, Shenzhen City

小,区内自然地理特征和气候条件相近,因此主要根据岩石风化程度和植被覆盖程度将调查区划分为基岩裸露区、低山丘陵风化壳区和滨海第四系沉积区(图 3)。

2.1 基岩裸露区

基岩裸露区是指地表没有被土壤、植被或其他物质覆盖,直接暴露出基岩的区域,其主要基质为岩石。岩石基质作为地表基质发育的起点,经过漫长的地质时期,经历风化、搬运和沉积等自然力量的作用,逐渐演变成砾质、土质等多样化的地表基质。在基岩裸露区,由于缺乏植被和土壤层覆盖,保水能力较差,风化作用相对较弱,此类区域调查重点为岩石基质分类命名、基本特征、景观属性等(侯红星等, 2021a),依据所收集到的地质调查资料提取总结基岩裸露区域的岩石基质信息,辅以遥感调查确定岩石基质的分布特点。基岩裸露区的地表基质垂向结构特征较为简单,基

本是由岩石基质组成,以岩浆岩为主,小部分为沉积岩。所以本文重点讨论低山丘陵风化壳区和滨海第四系沉积区的地表基质垂向结构特征。

2.2 低山丘陵风化壳区

低山丘陵地区的地表基质受地形、气候、地质构造和植被等多种因素的影响(贾磊等, 2022)。在低山丘陵区,山坡上主要为基岩风化壳和残坡积物,由于不同的母岩类型和风化程度,这个地区可能存在多种土壤类型,但因为陡峭的坡度和强烈的侵蚀作用限制了土壤的积累,山地丘陵地区的土壤层通常较薄。在地表基质调查中,岩石风化壳及其上部覆盖物是重要的调查内容。对于有风化壳的地区,除了了解母岩特征外,本文重点调查风化壳的结构特征和物质组成。

2.3 滨海第四系沉积区

滨海第四系沉积区的地表基质是在滨海地区形成的、地质年代较新的沉积物,主要为第四系冲

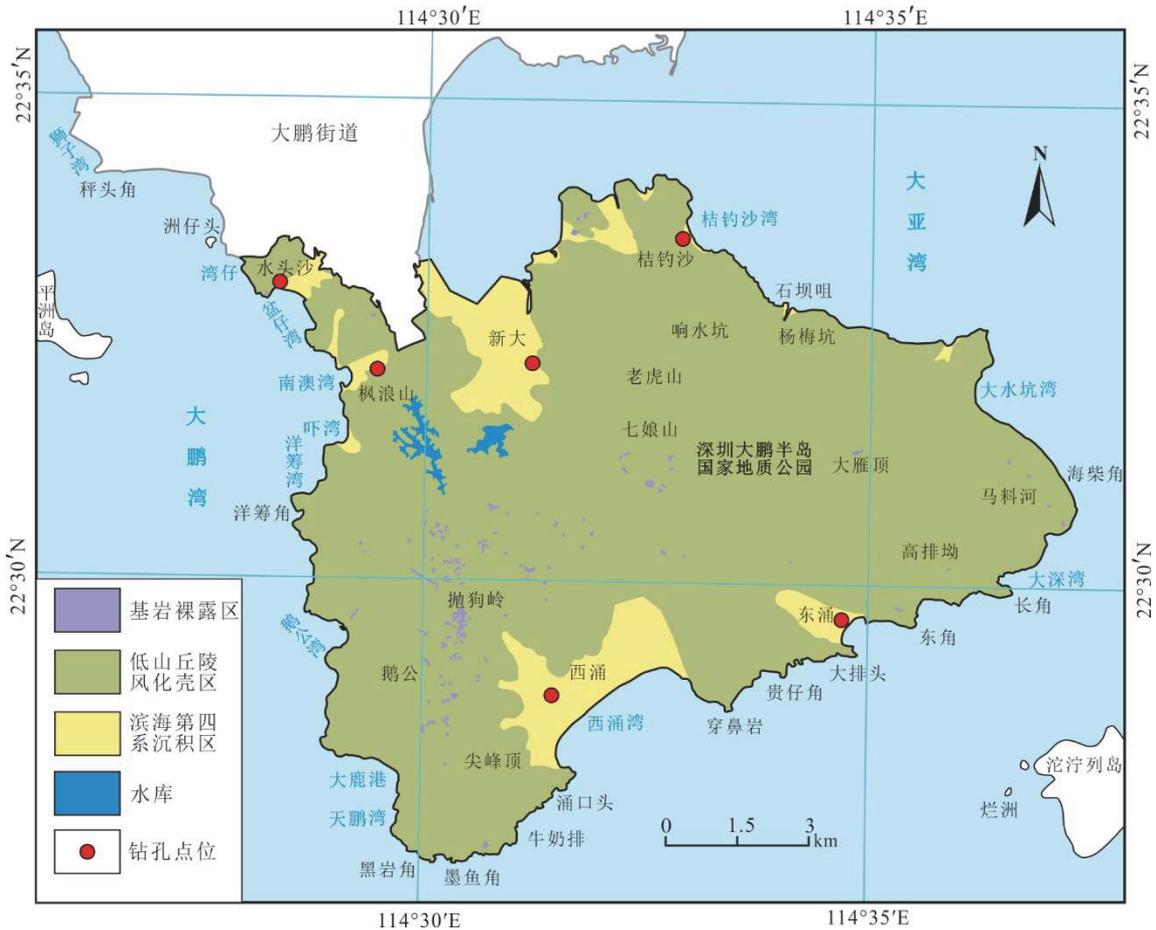


图 3 基于地质条件和地形地貌的研究区地表基质分区图

Fig. 3 Main regional division of the study area based on the geological and topographic conditions

洪积物或海积物, 基质类型包括砂、淤泥、黏土、砾石等。滨海地区的地表基质可能同时经历侵蚀和堆积过程, 如海浪侵蚀海岸线, 同时将物质搬运并堆积在某些区域, 其厚度一般可达 1 m 以上。该区域内的土质通常含有较高的有机质, 且上覆植被发育良好, 但较易受到人类活动的影响。在这些地区, 需要通过提取钻孔信息来获得不同深度的基质类型、厚度和理化性质等特征。

3 不同地表基质类型垂向结构特征

3.1 低山丘陵风化壳区

研究区内低山丘陵风化壳区主要集中在深圳大鹏半岛国家地质公园和抛狗岭、鹅公等地。区域内残(坡)积物主要由花岗岩和火山岩风化而成, 岩石风化层的结构松散程度为花岗岩风化物>火山岩风化物, 风化壳的厚度为 0.2 ~ 4.2 m。低山丘陵风化壳区的地表基质垂向结构具有明显的层次性, 从上至下以薄层风化壳和基岩为主要特

征, 上层风化壳以土质基质为主, 结构较为单一, 以壤土为主, 局部区域为砂土和黏土; 下层基岩以岩浆岩为主, 部分区域为沉积岩(表 1, 图 4)。研究区域主要用地类型为乔木林地, 植被覆盖度高(图 4a)。

通过对该地区的土壤钻取和裸露剖面的测量, 发现壤土是该区域最主要的土壤类型, 其次为砂质壤土, 所采集样品的砂粒含量和粉粒含量均值皆大于 45%, 说明该区域土质整体含砂量较高, 且疏松多孔, 通气透水性较好。壤土是土壤颗粒组成中黏粒、粉粒、砂粒含量适中的土壤, 其质地介于黏土和砂土之间, 兼有黏土和砂土的优点, 通气透水、保水保温性能都较好, 是一般作物较为适宜的土壤, 而砂质壤土中砂粒含量较高, 土壤的通气透水性较好, 但是保水保湿性较差, 不适宜种植需水量较大的作物。从图 4b 中可以看到, 基岩为沉积岩的区域仅有小部分, 且沉积岩上方基本都有砂土覆盖。而在基岩为岩浆岩的区域内, 母岩以花岗岩为主且砂粒含量超过 55% 的样品数占

表 1 低山丘陵风化壳区剖面采样点数据

Table 1 Data of sampling points in the weathered crust area of low mountains and hills

样点序号	经纬度		土质		岩石	
	经度(°E)	纬度(°N)	类型	深度(cm)	类型	深度(cm)
1	114.4965	22.5368	砂土	0 ~ 20	花岗岩	>20
2	114.4972	22.5351	砂土	0 ~ 40	花岗岩	>40
3	114.4998	22.5325	壤土	0 ~ 40	花岗岩	>40
4	114.5057	22.5237	黏土	0 ~ 40	花岗岩	>40
5	114.5116	22.5203	壤土	0 ~ 40	花岗岩	>40
6	114.5116	22.5179	壤土	0 ~ 60	花岗岩	>60
7	114.5151	22.5146	壤土	0 ~ 30	花岗岩	>30
8	114.5168	22.5133	黏土	0 ~ 45	花岗岩	>45
9	114.5186	22.5123	壤土	0 ~ 30	花岗岩	>30
10	114.5220	22.5103	壤土	0 ~ 50	花岗岩	>50
11	114.5248	22.5080	壤土	0 ~ 100	花岗岩	>100
12	114.5268	22.5049	壤土	0 ~ 100	花岗岩	>100
13	114.5386	22.5038	砂土	0 ~ 185	砂岩	>185
14	114.5457	22.5024	壤土	0 ~ 50	流纹岩	>50
15	114.5493	22.5018	壤土	0 ~ 90	流纹岩	>90
16	114.5541	22.5028	壤土	0 ~ 100	流纹岩	>100
17	114.5600	22.5020	壤土	0 ~ 60	流纹岩	>80
18	114.5685	22.4984	砂土	0 ~ 20	流纹岩	>20
19	114.5701	22.4977	壤土	20 ~ 60	流纹岩	>60

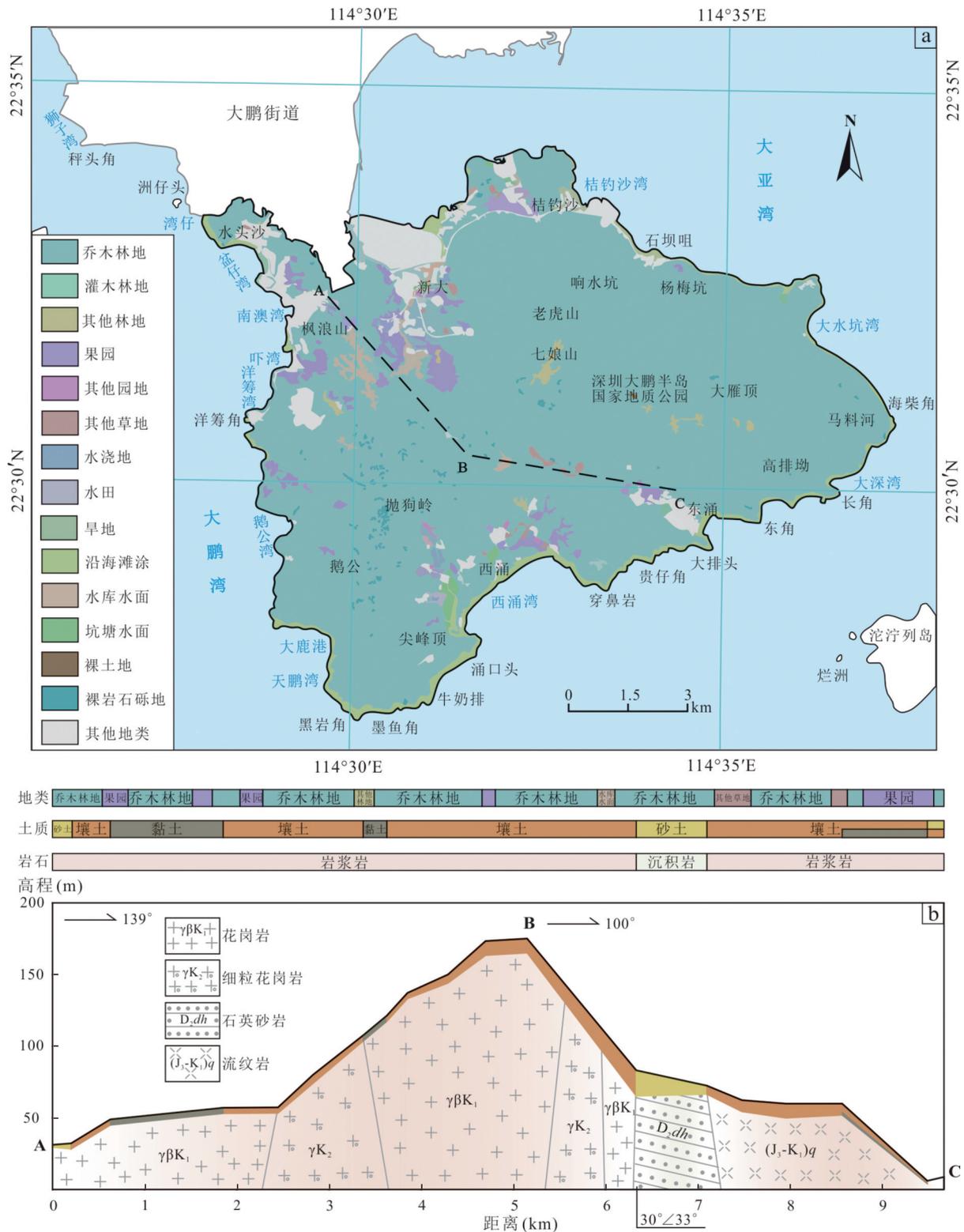


图 4 研究区主要用地类型分布图 (a) 及低山丘陵风化壳区地表基质垂向结构图 (b)

Fig. 4 Distribution map of land use types (a) and the ground substrate profile in regolith of low mountains and hills (b) of the study area

区域内总样品数量的 28%, 母岩以流纹岩为主且砂粒含量超过 55% 的样品数占区域内总样品数量的 21%。对于地表基质形成环境而言, 低山丘

陵风化壳区内的气候、生物、地貌等条件相似, 因此影响地表基质形成和性质的主要因素为下伏基岩, 两者之间存在着物质组成和性质的相关性。

区域内土质多由其下伏基岩风化形成,花岗岩上覆风化层的含砂量较高,土壤颗粒较粗,而流纹岩风化成土的颗粒较细,这也表明不同类型的母岩会影响土质的颗粒组成。

地表基质的空间分布受地形地貌影响,例如山体坡向、坡度、海拔等因素会影响风化层的厚度,进而影响植被的发育程度。实地调查数据显示,低山丘陵区域内土层厚度较薄,基本不超过2 m,多数在1 m以下。依据剖面线上样点的数据,平均土层厚度约为62 cm,且厚度变化不大。土壤的含水率为2.84%~21.99%(均值为12.35%),容重为1.12~1.49 g/cm³(均值为1.29 g/cm³),pH值为4.14~5.7(均值为4.93),土粒密度为2.22~2.55 g/cm³(均值为2.44 g/cm³),有机质含量为1.76~42.05 g/kg(均值为24.03 g/kg)。随着埋深的增加,土壤剖面的土壤颜色、土粒含量及pH值没有明显的变化规律,土壤含水率、容重有随着深度增加而增大的趋势,而有机质含量随土壤深度的增加而呈现逐渐减少的趋势。在剖面深度20 cm以上,有机质含量变化趋势较明显;剖面深度30 cm以下,有机质含量降低趋势减缓。

在进行地表基质垂向结构调查时,鉴于低山丘陵风化壳区内的地表基质垂向结构以薄层风化

壳和基岩为主要特征,所以建议在该区域的调查深度控制在2 m以内。对于部分风化作用较为强烈的地区,可适当增加调查深度。在没有钻孔资料的情况下,可以通过选点采样和裸露剖面测量开展调查,以获取更准确的地表基质垂向结构信息。

3.2 滨海第四系沉积区

在研究区域内,滨海第四系沉积区主要分布在东涌、西涌、新大等地(图3)。研究区内土地利用类型多样,包括耕地、林地、草地和湿地,植被发育良好。滨海第四系沉积区主要有三种类型的沉积物:海积物、冲积物和洪积物。水头沙、桔钓沙、西涌、东涌区域内有海积物分布,以海积砂、海积淤泥质砂为主。其中,水头沙处钻孔深度为20.4 m,可见0~4.3 m为素填土,4.3~6.4 m为砂土,超过6.4 m为沉积岩;桔钓沙处钻孔深度为18.6 m,0~3.4 m为素填土,3.4~5.9 m为砂土,5.9~11.9 m为黏土,超过11.9 m为岩浆岩;西涌处钻孔深度为103 m,0~20.6 m为砂土,20.6~25.4 m为黏土,25.4~26.5 m为砂土,26.5~28.4 m为黏土,超过28.4 m为岩浆岩;东涌处钻孔深度为61.7 m,可见0~12.3 m为素填土,12.3~18 m为砂土,18~21.3 m为黏土,超过21.3 m为岩浆岩(表2)。

表2 研究区滨海第四系沉积区钻孔数据

Table 2 Borehole data in the coastal Quaternary sedimentary area of the study area

钻孔位置	经纬度		土质		岩石	
	经度(°E)	纬度(°N)	类型	深度(m)	类型	深度(m)
水头沙	114.4720	22.5505	素填土	0~4.3	砂岩	>6.4
			砂土	4.3~6.4		
桔钓沙	114.5490	22.5604	素填土	0~3.4	流纹岩	>11.9
			砂土	3.4~5.9		
			黏土	5.9~11.9		
西涌	114.5250	22.4797	砂土	0~20.6	花岗岩	>28.4
			黏土	20.6~25.4		
			砂土	25.4~26.5		
			黏土	26.5~28.4		
东涌	114.5800	22.4935	素填土	0~12.3	流纹岩	>21.3
			砂土	12.3~18		
			黏土	18~21.3		
枫浪山	114.4910	22.5357	黏土	0~6	花岗岩	>6
新大	114.5220	22.5380	黏土	0~12	花岗岩	>12

图5显示,四个区域均有一定厚度的砂土层分布,较为不同的是,水头沙区域内的岩石基质为沉积岩,上方覆盖砂土和人工填土;而其他区域的岩石基质类型为岩浆岩,上方除了砂土外还有黏土分布,尤其是西涌地区,钻孔顶部有厚层砂土分布,且整体呈现出砂土和黏土互层现象。枫浪山地区主要为冲积物,以冲积砂质黏土为主,此处钻孔深度为18.9 m,0~6 m为黏土,超过6 m为岩浆岩(表2)。新大地区主要为洪积物,以粉质黏土为主,有粒径2~8 mm的石砾不均匀分布于黏土层内,新大处钻孔深度为60.3 m,0~12 m为黏土,超过12 m为岩浆岩。对于地表基质形成环境,滨海第四系沉积区内影响地表基质的形成和性质因素除了基岩以外,还有水流搬运而来的沉积物如砂砾、黏土、泥等。这些沉积物的形成受河流以及滨海因素的影响,导致该区域的土质基

质主要由黏土和砂土组成。除此之外,部分区域如水头沙、桔钓沙、东涌等地受人为因素的影响,基质层顶部存在人工填土。

区域内的基质层厚度变化较大,钻孔数据显示基质层厚度为0~28.4 m,均值为8 m,除了东涌和西涌区域外,大部分钻孔显示的基质层厚度均小于20 m(图5)。区域内土壤重金属元素的分布呈现出较为明显的地理差异。水头沙附近锌(Zn)元素含量较高,西涌地区镍(Ni)、镉(Cd)和砷(As)元素含量较高,东涌地区铅(Pb)元素含量相对较高,枫浪山附近铬(Cr)元素含量较高,新大地区铜(Cu)和汞(Hg)元素含量较高。在剖面上,镍(Ni)、铜(Cu)和汞(Hg)元素的含量随着土壤深度的增加而呈现下降趋势,而镉(Cd)、锌(Zn)、铬(Cr)、铅(Pb)和砷(As)元素的含量在不同深度的分布较为无序,没有明显的随深度变化规律。

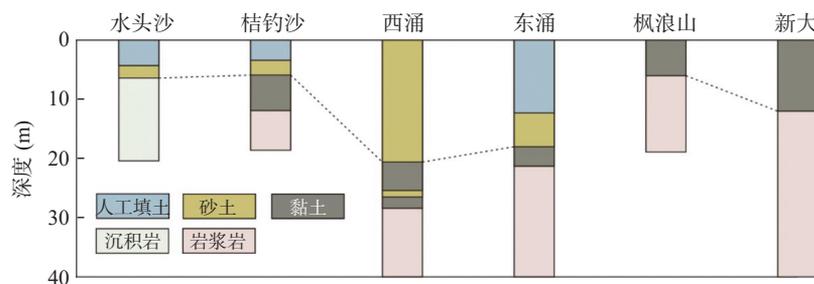


图5 研究区滨海第四系沉积区钻孔点地表基质垂向结构图

Fig. 5 Ground substrate vertical profile of the quaternary sedimentary boreholes in the study area

综上可知,研究区滨海第四系沉积区的地表基质垂向结构与低山丘陵风化壳区相比层次更加丰富,从上至下大多以黏土—基岩、砂土—黏土—基岩为主要特征,部分地区地表还有人工填土覆盖(图5)。其中,区域内上层砂土与下层黏土的结合形成了有利于保水保肥的土壤结构:砂土层的通气透水性虽好,但保水保肥能力较差,而黏土层则因其细小颗粒而拥有更强的保水保肥特性,可减缓水分和养分的流失。这种结构不仅有利于根系的扩展和养分吸收,还能通过黏土层的吸附作用缓慢释放养分,提高肥料利用率。滨海第四系沉积区的土层具有高有机质含量、高含水率和大孔隙比的独特性质,尤其是在砂土—黏土—基岩这种地表基质垂向结构下,适当的施肥和灌溉管理,可以最大化这种土壤结构的优势,这

些特性对土壤肥力和农业的可持续发展具有积极影响。

基于以上区域特征,研究区滨海第四系沉积区域的调查深度可考虑在20~40 m之间,采用钻探和物探的方法开展调查。通过提取钻孔信息,获得不同深度的基质类型、厚度、物质组成等特征,通过物探获得不同地表基质类型的分布情况以及地表基质层的垂向结构特征,并结合地表基质支撑孕育的自然资源(林地、草地、耕地等)情况进行分析。另外,滨海第四系沉积区的开发利用,如港口建设、围海造陆、旅游开发等,对地表基质也有影响。这些活动改变了原有的自然土壤条件,对土壤的有机质含量、结构和肥力造成了长远的影响。因此,对于滨海第四系沉积区的土地资源管理和环境保护需要综合考虑土壤的自然特

性和人类活动的影响,以确保土壤质量和生态平衡得到有效维护。

4 结论

根据对深圳大鹏区南澳街道地表基质的调查和分析,该研究区可以大致划分为三个主要区域:以岩石基质为主的基岩裸露区、基岩上覆薄层风化层的低山丘陵风化壳区、基岩上覆第四系冲洪积物的滨海第四系沉积区。每个区域都有其独特的地表基质特征和调查重点。

(1)基岩裸露区主要由岩石基质组成,包括岩浆岩和沉积岩,其上无植被覆盖,对于该类区域的调查可通过提取已有地质调查资料相关信息,辅以遥感调查确定岩石基质的分布特点。

(2)低山丘陵风化壳区占研究区域近93%的面积,该区域内地表基质垂向结构以薄层风化壳和基岩为主要特征,上层风化壳以土质基质为主,主要为壤土,局部区域有砂土和黏土,下层基岩以岩浆岩为主,部分区域有沉积岩分布。主要用地类型为乔木林地,植被覆盖度高。对于该类区域的调查可采用选点取样和测量裸露剖面的方法,调查深度在2 m以内。对于遭受风化作用较为强烈的地区,可以适当增加调查深度。

(3)滨海第四系沉积区的地表基质垂向结构以黏土—基岩、砂土—黏土—基岩为主要特征,部分地区地表有人工填土覆盖,用地类型较为丰富。对于该类区域的调查可以采用钻探和物探的方法开展调查,调查深度为20~40 m。

参考文献:

- 陈彭,侯红星,马骏驰,鲁敏,秦天.2023.低山丘陵区黑土地地表基质调查研究思路——以扎兰屯地区为例[J].中国国土资源经济,36(2):81-89.
- 陈彭,侯红星,马骏驰,孙浩,荆元.2024.地表基质分类标准与编图方法探索——以内蒙古雅鲁河流域为例[J].中国地质调查,11(2):51-61.
- 董天钰,刘晓煌,常铭,邢莉圆,王然.2023.浅析地表基质的本质内涵及研究方向[J].西北地质,56(4):213-217.
- 高奇,李新斌,刘瀚元.2024.综合物探在陕西韩城地表基质调查中的应用[J].地理科学研究,13(2):348-354.

葛良胜,侯红星,夏锐.2022.自然资源地表基质调查技术体系构建[J].地理信息世界,29(5):20-27.

葛良胜,夏锐.2023.高标准农田建设:基于地表基质调查的解决方案[J].中国国土资源经济,36(5):4-13.

葛良胜,杨贵才.2020.自然资源调查监测工作新领域:地表基质调查[J].中国国土资源经济,33(9):4-11+67.

郝爱兵,殷志强,李洪宇,鲁青原,彭令,邵海,江奇达,赵晓峰,刘玖芬,庞菊梅,杨柯,陈彭,孔繁鹏,侯红星,鲁敏.2024.地表基质的科学内涵与理论框架[J/OL].地质学报. <https://doi.org/10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2024439>.

侯红星,葛良胜,孙肖,孔祥斌,卢卫华,秦天,孔繁鹏,杨华本,杨柯.2022.地表基质在中国黑土地资源调查评价中的应用探讨——基于黑龙江宝清地区地表基质调查[J].自然资源学报,37(9):2264-2276.

侯红星,葛良胜,孙肖,卢卫华,鲁敏,秦天,杨华本,杨柯,孔繁鹏.2021a.地表基质调查内容及要素-属性指标体系探讨[J].自然科学,9(4):433-442.

侯红星,张蜀冀,鲁敏,张中跃,孙肖,秦天,王献,张金龙,邵兴坤,王伟.2021b.自然资源地表基基层调查技术方法新经验——以保定地区地表基基层调查为例[J].西北地质,54(3):277-288.

霍东,陈占生,艾晓军,汪敏骅,于小健,王乔.2024.地表基质调查对黑土地保护技术支撑的思考——以台安县为例[J].农业与技术,44(15):56-61.

贾磊,刘洪,欧阳渊,张伟,窦磊,刘子宁,莫滨,陈恩,张腾蛟.2022.基于地质建造的南方山地-丘陵区地表基质填图单元划分方案——以珠三角新会—台山地区为例[J].西北地质,55(4):140-157.

李洪宇,刘晓煌,刘玖芬,赵晓峰,张文博,李福杰.2024.基于地貌区划的新疆地表基质质地分类方案[J].现代地质,38(3):706-717.

刘玖芬,赵晓峰,侯红星,秦天,陈占生,徐立明,杨柯,孔繁鹏,刘晓煌,卢兵,李子奇,刘佳,包茹意,郝爱兵.2024.地表基质调查分层及分层测试指标体系设计与构建[J].岩矿测试,43(1):16-29.

梅村,康镇江,唐跃林,张崧,管福贞,龚淑云,李甘.2011a.基于新测年资料的蓟县运动和燕山早期运动表现探讨:以深圳西部地区及东部大鹏半岛国家地质公园地区为例[J].地学前缘,18(3):179-188.

梅村,唐跃林,张崧,康镇江,管福贞,龚淑云,李甘.2011b.深圳大鹏半岛国家地质公园中生代火山地层的时代讨论[J].地层学杂志,35(4):454-462.

- 邵海,王英男,殷志强,邢博,金爱芳,庞菊梅,王瑞丰.2023.承德坝上高原如意河流域地表基质调查与编图探索[J].水文地质工程地质,50(2):150-159.
- 王建伟,宋立东,佟智强,刘浩,杨洪祥,高博.2024.基于地貌单元分区的地表基质结构调查方法与实践——以长春地区为例[J].地质与资源,33(3):355-364.
- 杨永,李瑞红,赵凯明,刘航,李明军,王学文.2024.大兴安岭东麓黑土地地表基质空间分布特征及其生态效应[J].地质论评,70(S1):307-308.
- 姚锦梅,李洁兰,康镇江,宋建潮,唐嘉锋.2022.深圳大鹏半岛火山和香港火山活动特征对比研究[J].地质与勘探,58(1):148-157.
- 姚晓峰,杨建锋,左力艳,张婷婷,陈骥,张翠光.2022.地表基质的内涵辨析与调查思路[J].地质通报,41(12):2097-2105.
- 殷志强,陈自然,李霞,卫晓锋,邵海.2023.地表基质综合调查:内涵、分层、填图与支撑目标[J].水文地质工程地质,50(1):144-151.
- 殷志强,秦小光,张蜀冀,卫晓锋,侯红星,何泽新,鲁敏.2020.地表基质分类及调查初步研究[J].水文地质工程地质,47(6):8-14.
- 袁国礼,侯红星,刘建宇,王泉,郭晓宇,贾颜卉.2023.服务生态文明的生态地质调查工作方法浅析——以地表基质调查为例[J].西北地质,56(3):30-38.
- 张闯,王苒,尚晓雨,杨阳,陈龙,董硕,刘泽,杨科.2023.水域地表基质调查方法探索——以衡水湖为例[J].国土资源导刊,20(2):109-113.
- 张凤荣.2023.论地表基质层重点调查内容和优先调查区域[J].中国土地,(2):40-41.
- 朱晔亭,罗红,李煜,徐聪,李朋,翁茂芝,周峰.2023.地表基质质量综合评价探索:以武汉市长江新城为例[J].资源环境与工程,37(4):412-419.
- 自然资源部.2020a.自然资源部关于印发《自然资源调查监测体系构建总体方案》的通知[Z].http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200117_2498071.html.
- 自然资源部.2020b.自然资源部办公厅印发《地表基质分类方案(试行)》的通知[Z].http://gi.mnr.gov.cn/202012/t20201222_2596025.html.
- Anderson S P, Bales R C, Duffy C J. 2008. Critical zone observatories: building a network to advance interdisciplinary study of earth surface processes[J]. Mineralogical Magazine, 72(1): 7-10.
- Lin H S. 2010. Earth's critical zone and hydrogeology: concepts, characteristics, and advances[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 14(111): 25-45.