

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2023.01.006

# 地表基质调查的工作思路刍议:以海南岛为例

李响<sup>1</sup>,周效华<sup>2</sup>,相振群<sup>3</sup>,蒋仁<sup>2</sup>,涂兵<sup>1</sup>,周岱<sup>1</sup>,鲁敏<sup>4</sup>

LI Xiang<sup>1</sup>, ZHOU Xiaohua<sup>2</sup>, XIANG Zhenqun<sup>3</sup>, JIANG Ren<sup>2</sup>, TU Bing<sup>1</sup>, ZHOU Dai<sup>1</sup>, LU Min<sup>4</sup>

1. 中国地质调查局武汉地质调查中心,湖北 武汉 430205;
  2. 中国地质调查局南京地质调查中心,江苏 南京 210016;
  3. 中国地质调查局天津地质调查中心,天津 300170;
  4. 中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心,河北 廊坊 065000
1. Wuhan Center, China Geological Survey, Wuhan 430205, Hubei, China;  
2. Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, Jiangsu, China;  
3. Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;  
4. Langfang Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, Langfang 065000, Hebei, China

**摘要:**地表基质调查是当前自然资源调查监测体系中的全新领域,如何开展还缺乏统一的行动指南。在初步总结地表基质调查现状的基础上,提出从全国、大区、关键地段 3 个层次、分阶段组织开展全国地表基质调查的总体思路。结合海南岛地表基质发育的地质背景和赋存条件,就南方强风化区地表基质调查工作进行了实例分析。建议按照分区逐级调查与分类补充调查相结合、调查与研究并重的原则,开展海南岛全域—流域—重点区段不同层级地表基质调查。针对地表基质分类补充调查提出基础调查指标、特征调查指标和评价指标,强调热带强风化条件下海陆交互作用、表生地质作用和多圈层相互作用对地表基质的控制与影响。在查清海南岛地表基质现状和演化规律的基础上,开展地表基质的综合评价和区划,探索形成热带强风化区地表基质调查的技术方法。

**关键词:**地表基质调查;热带强风化区;调查指标;技术方法;海南岛;地质调查工程  
**中图分类号:**P622   **文献标志码:**A   **文章编号:**1671-2552(2023)01-0068-08

**Li X, Zhou X H, Xiang Z Q, Jiang R, Tu B, Zhou D, Lu M. Simply discussion on the work of ground substrate survey: taking Hainan Island as an example. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(1): 68-75**

**Abstract:** Ground substrate survey, a whole new field of natural resources survey and monitoring system in the current situation, has not evolved into an unified guide line on action. In this paper, based on the preliminarily summarization of the current situation of ground substrate survey, we provide the overall thinking about organization and implementation of national ground substrate survey in stages and from national level, regional level and key areas level. Also, having taken into account of the geological background of breeding ground substrate in Hainan Island, we take a case study on how to carry out the ground substrate survey in the southern strong weathering area. Complying with the principles of combination of survey by different area and stage and supplemental survey, and investigation being of equal importance as survey, we divided the organization of ground substrate survey for Hainan Island into three levels, such as all over the Island level, watershed level, key area level. For the supplemental survey of ground substrate, we proposed basic survey indexes, characteristic indexes and evaluation indexes with emphasizing the control and influence of land-sea interaction and supergene geological effect under tropics strong weathering condition. After unravelling the current situation and evolution law of ground substrate, it is necessary to carry out the comprehensive evaluation and regionalization of ground substrate. Based above, we explored and summarized the technical methods of ground substrate survey in tropics strong weathering area.

收稿日期:2021-04-06;修订日期:2021-06-08

资助项目:中国地质调查局项目《中南地区自然资源综合调查》(编号:DD20211385)、《三亚重点地区自然资源综合地质调查》(编号:DD20201121)

作者简介:李响(1983-),男,博士,正高级工程师,从事成因矿物学、岩石地球化学及区域地质调查研究。E-mail:lixiang\_503@163.com

**Key words:** ground substrate survey; tropics strong weathering area; survey indexes; technical methods; Hainan Island; geological survey engineering

2020年1月自然资源部印发了《自然资源调查监测体系构建总体方案》<sup>①</sup>(以下简称《总体方案》),明确了新形势下建立自然资源统一调查、评价、监测制度的总体架构,为切实履行自然资源统一调查监测职责提供了重要遵循。《总体方案》第一次提出地表基质的概念,并指出待条件成熟时,组织开展全国地表基质调查。地表基质的范围覆盖固体地球表面,包括陆域和海域全部国土空间,其本身既是自然资源的一部分,同时也起着支撑或孕育其他相关自然资源的关键作用,是多门类自然资源之间相互作用和密切联系的纽带。《总体方案》指出,到2023年要完成自然资源统一调查、评价、监测相关制度和标准体系建设,因此尽快探索形成适用于不同类型地区地表基质调查的指标体系和技术方法迫在眉睫。作为地表基质调查工作的基础和指引,自然资源部在2020年12月22日发布了《地表基质分类方案(试行)》<sup>②</sup>,但地表基质调查的实施方案还没有印发,地表基质调查如何开展还缺乏统一的行动指南。

本文基于对《总体方案》的深入解读和参与地表基质分类方案制定过程中的体会,在初步总结地表基质调查现状的基础上,提出全国地表基质调查的总体思路。结合海南岛地表基质发育的地质背景和赋存条件,就海南岛如何开展地表基质调查工作进行了实例分析,以期在南方强风化区组织和开展地表基质调查相关工作提供借鉴。

## 1 地表基质调查相关理论和实践基础

《总体方案》依据自然资源产生、发育、演化和

利用的全过程,按照自然资源的立体空间位置构建了自然资源分层分类模型,由下而上依次为地下资源层、地表基质层、地表覆盖层和管理层。在该模型中,地表基质层处于基础支撑地位,并首次提出地表基质的概念:“地表基质是地球表层孕育和支撑森林、草原、水、湿地等各类自然资源的基础物质”。它本身是自然资源的一部分,在其他相关自然资源孕育过程中发挥着关键作用,也是密切联系各类自然资源的纽带。地表基质还具有维系地球生态系统和人类生存的功能,是促进人与自然和谐共生的物质基础,对自然资源整体保护、系统修复及综合治理都至关重要。《地表基质分类方案(试行)》中,对地表基质的科学内涵进行了更准确和科学的表述,强调地表基质的天然属性,突出地质作用和自然作用对地表基质形成的影响。在自然资源调查监测体系的框架内,地表基质调查是与土地、矿产、森林、草原、水、湿地、海域海岛等并列的专项调查,在支撑自然资源统一管理、国土空间规划、生态保护修复、综合治理等方面具有重要意义。葛良胜等(2020)提出,要尽快完成地表基质调查的顶层规划和业务支撑体系建设。

《总体方案》指出,地表基质数据主要通过地质调查、海洋调查、土壤调查等综合获取。在调查内容方面与覆盖区的区域地质调查具有相似性,而在调查方式、调查深度、服务对象等方面有一定的区别(表1)。地表基质调查更注重与生态系统相关的参数的获取,尤其是与后期监测相关的数量、质量、生态指标的获取。地表基质内存在的附属物质,如水(包气带中的吸着水或薄膜水)、有机质、生物、微

表 1 地表基质调查与覆盖区区域地质调查对比结果

Table 1 The comparison between the ground substrate survey and regional geological survey of covered area

	地表基质调查	覆盖区基础地质调查
调查内容	岩石、砾质、土质、泥质等地表基质类型、理化性质及地质景观属性等	松散沉积物的类型、分布、组成、结构等
调查方式	基于已有的地质调查、海洋调查、土壤调查等成果资料研编,与补充调查相结合	1:5万覆盖区区域地质调查工作指南规定的地物化遥和钻探等调查手段
调查深度	生态系统影响到的深度范围,一般不超过50m	一般调查到松散沉积层底界,厚度超过200m时调查到200m深 <sup>③</sup>
服务对象	调查研究地表基质产生、发育、演化的机理及与上覆自然资源的互馈机制,服务自然资源调查监测评价体系构建和自然资源统一管理需求	侧重野外一手基础地质资料的获取,总结覆盖层形成过程的地质演化规律,为后续的矿产勘查、水工环调查等提供基础资料

生物等,也应作为地表基质调查的重要内容。

郝爱兵等(2020)提出,地表基质调查在调查方法上要以编绘改化已有的区域地质、第四纪地质、水工环地质、土壤地质等调查成果为主,适当开展补充调查为辅,在调查目标上要瞄准国家生态安全和粮食安全,面向国土空间规划、生态保护修复和农林牧业高质量发展。殷志强等(2020a)认为,地表基质调查的深度应以 30 m 以浅为主,并建议应注重地表基质与地表覆盖层的约束关系和基岩山区风化壳精细化调查。在承德市双滦区开展的地表基质调查实践,划分了河流阶地、风成黄土堆积、次生黄土堆积、残坡积物、冲洪积物和基岩风化壳 6 种地表基质类型,结合与农林业的适宜关系,提出了未来该地区宜林宜耕适宜性分布建议(殷志强等,2020b)。河北保定地区地表基质调查试点,在工作理念、内容与方法、成果应用等方面积累了一定的经验,依据植物生长带、物质交换带、空间利用带对调查的底界范围进行了限定<sup>④</sup>。

目前地表基质调查虽然取得了一些成果,但在全国层面还缺乏统一的总体规划。在具体的操作层面,地表基质的三级分类还有待进一步的细化,不同生态功能区的调查要素和指标、成果表达方式还有待明确;地表基质与上覆不同类型自然资源之间相互作用和互馈机理还需进一步探究。

## 2 自然资源地表基质调查总体设计

地表基质调查既要注重对已有多门类自然资源调查标准和规范的衔接、集成、利用和创新,也要充分利用已有调查成果和成熟的技术手段;既要着眼于科学层面,也要着眼于管理层面,探索形成科学、简明、可操作的技术方法与组织模式。科学层面要在科学理解地表基质内涵的基础上,开展地表基质细化分类、调查方法研究、地表基质产生、发育和演化过程研究、地表基质和各类自然资源之间的互馈机制研究等。本文仅从管理的角度具体阐述地表基质调查的总体思路和部署。

### 2.1 地表基质调查总体思路

以满足自然资源调查监测体系构建与国土空间规划需求为导向,以地球系统科学为指导,形成全国统一的地表基质调查技术标准和协调有序的工作机制;利用现代“星空地”立体调查技术,结合地表基质补充调查,查清全国地表基质的类型、分

布范围、理化性质、地质景观属性等本底和变化情况;集成调查数据构建地表基质数据库与模型,与覆盖层、管理层数据一并纳入三维立体自然资源“一张图”,实现调查监测数据集中管理,为提高管理的科学性和治理能力的现代化提供支撑。

### 2.2 地表基质调查主要工作任务

以地球系统科学为指导,以新生代地表过程、资源环境、人类活动互馈作用研究为主线,一是开展全国、大区两级自然资源地表基质及其控制要素时空分布规律与变化趋势集成研究,建立区域地表基质格架,指导开展省区自然资源地表基质调查;二是在重大战略区、重要生态功能区、特殊地质景观区等关键地区开展中、大比例尺地表基质调查与监测试点示范,查明地表基质类型及分布规律现状,监测预警其变化趋势和影响范围,为开展全国中、大比例尺地表基质调查、研编提供示范和技术支撑。

2021年,以中国 1:250 万地质图数据库为基础,提交全国 1:250 万、大区 1:100 万地表基质时空分布规律系列图件,构建中国新生代地质过程与资源环境效应数据库与知识框架,为全国和流域尺度自然资源综合调查与国土空间规划提供无缝基础支撑。2021年继续推进河北省保定地区的自然资源地表基质调查试点项目,在长三角宁波海岸带陆海统筹区、黄河流域内蒙古巴彦淖尔戈壁荒漠区、松嫩平原海伦、辽河平原梨树及三江平原宝清黑土地区新开地表基质调查试点项目,六大区中心依托现有的基础地质调查工程选择典型区域开展地表基质调查试点。

到 2023 年,查明中国重大战略区、重要生态功能区 and 特殊地质景观区等关键地区地表基质类型、空间分布规律、理化性质及地质景观属性,查清关键地区地表基质现状和变化情况,建成关键地区地表基质调查监测体系,为自然资源的质量、生态评价提供数据支撑,为自然资源保护与合理开发利用提供决策参考。

### 2.3 地表基质调查工作部署建议

按照“整体规划、急区先调、分阶段推进”原则,在统一的国土空间基础信息平台框架内,充分发挥全国六大区地质调查中心和各地自然资源综合调查中心的人员和技术优势,按照全国、大区、关键地段 3 个层次、分阶段组织开展地表基质调查,形成地表基质全国“一张图”,准确摸清全国地表基质本底

现状和变化趋势,查明表生地质作用和多圈层交互作用对地表基质的控制和影响,以及地表基质与上覆各类自然资源之间的互馈机制。

#### (1) 全国层面

依托现有的区域地质、区域地球物理、区域地球化学、土壤地球化学及国土三调成果,按照岩石、砾质、土质、泥质一级分类标准,以及岩浆岩、沉积岩、变质岩、巨砾、粗砾、中砾、细砾、粗骨土、砂土、壤土、粘土、淤泥、软泥和深海粘土二级分类标准,编制1:250万全国地表基质图,形成全国地表基质数据库。参照全国自然资源一级区划,形成全国地表基质一级区划底图。

#### (2) 大区层面

依托现有的区域地质图、区域地球物理图、区域地球化学图、土壤地球化学图,按照二级分类、局部按照三级分类标准编制6个大区、国家重大战略区1:100万地表基质类型及分布图。

#### (3) 关键地段地表基质示范

选择国家重大战略区关键地带、重要生态功能区和特殊地质景观区,在京津冀城市群、长三角经济区、黄河流域、海岸带地区、三江源自然保护区、东北黑土地地区、南方强风化区等设立调查试点,充分利用现有的中大比例尺基础地质调查成果资料,采取数据集成开发、野外调查相结合的方式,开展地表基质类型(物质组成、结构构造)、物理化学性质、地质景观属性(接触关系和相互转变、新构造)及其分布等特征调查与监测,解决地质作用、地形变化、局部气候作用、生物及人类活动等对地表基质的影响,编制地表基质图系及数据库,建立地表基质调查技术与标准体系,指导和规范全国范围内、大比例尺地表基质调查。

#### (4) 全面推广

依托大区中心和指挥中心的区域优势,设立地表基质专项调查项目,推广应用地表基质分类标准与调查方法体系,统领省级地勘单位开展全国范围地表基质调查,准确摸清全国地表基质本底情况和变化趋势,形成地表基质补充调查和周期性更新制度,服务自然资源日常管理和督查执法。

### 3 海南岛地表基质调查

近地表岩石在化学风化作用控制下,在基岩上部形成一套原地或近原地以紫红色色调为主的粘

土、砂土堆积的区域即为强风化区,其主要特征是区域内气候温暖或炎热,降雨量大,植被茂盛,化学风化强烈,风化层厚度大。中国南方强风化区涉及江苏、上海、浙江、安徽、江西、福建、广东、广西、湖南、贵州、云南、四川、海南、台湾等省区市,总面积约 $150 \times 10^4 \text{ km}^2$ (卜建军等,2021)。海南岛位于中国最南端,地势四周低平、中间高耸,以五指山为核心,向外围逐级下降。山地、丘陵、台地、平原构成环形层状地貌,发育南渡江、昌化江、万泉河三大河流和特色的海域海岛资源,面积 $3.54 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。全岛处于热带季风气候区,物理和化学风化非常强烈,是典型的强风化区。受热带强风化条件和海陆交互作用影响,地表基质类型复杂多样,孕育齐全的自然资源类型(山、水、林、田、湖、海)和典型的热带生物多样性,是探索热带强风化区地表基质调查的天然试验场。

#### 3.1 技术路线

以自然资源科学和地球系统科学理论为指导,以形成南方强风化区地表基质调查的技术方法体系为突破口,从制约各类自然资源的产生、发育、演化和赋存规律与利用条件入手,按照分区逐级调查与分类补充调查相结合、调查与研究并重的原则,开展海南岛全域—流域—重点区段不同层级地表基质调查,全方位、多维度地获取不同类型地表基质信息。研究热带强风化条件下海陆交互作用、表生地质作用和多圈层相互作用对地表基质的控制与影响,探索形成适用于热带强风化区的地表基质调查工作流程和技术方法(图1)。

#### 3.2 分区逐级调查

##### (1) 海南岛全岛

充分利用已有的区域地质调查、土壤调查、环境调查、基础地理信息等数据,基于海南岛1:50万第四纪地质及地貌图和最新的土地利用类型图进行改化,按照地表基质二级分类、局部按照三级分类形成海南岛1:50万地表基质图。结合多时相高分辨率遥感影像,以遥感解译与现场验证相结合的方式不同进行不同类型地表基质的野外验证,查明地表基质的分布、范围、面积、权属性质等本底特征,为后期的综合评价和区划提供基础资料。

##### (2) 流域+重点区段

南渡江发源于海南省白沙黎族自治县南开乡南部的南峰山,干流斜贯海南岛中北部,在海口市

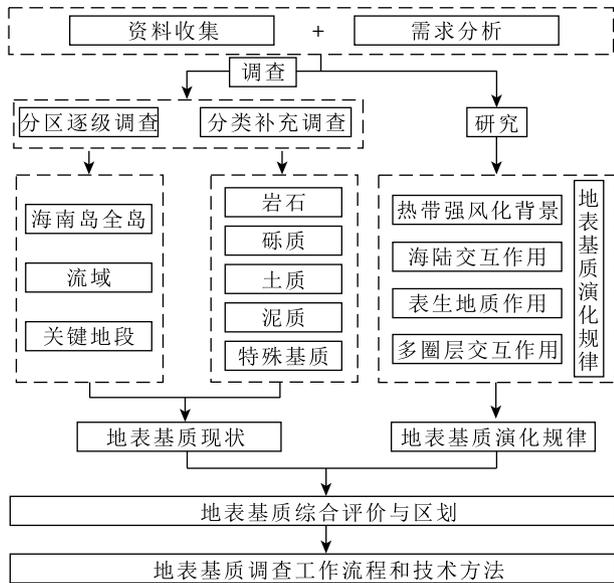


图1 海南岛地表基质调查技术路线图

Fig. 1 The technology road map of ground substrate survey in Hainan Island

美兰区的三联社区流入琼州海峡,流域面积 7033 km<sup>2</sup>,地貌类型涵盖高山、丘陵、台地、低阶地、平原区等。同时南渡江流域还孕育了山、水、林、田、湖、湿地等各类自然资源(图 2)。松涛水库以上为上游,是水源涵养、水土保持和重要的生态屏障区;澄迈县九龙滩以下至入海口为下游,人口密集、经济社会相对较发达,是生产和生活集中区,海陆交互作用强烈。在自然与人类共同作用下,生态环境异常脆弱;松涛水库至澄迈县九龙滩之间为中游,是

地形地貌、空间结构的快速过渡区,生态功能具有双重性,也是各类自然资源的交替变化区,能量和物质的交换较频繁。在查明全域地表基质本底特征的基础上,考虑地表基质等自然资源的完整性和系统性,依据海南岛地表基质发育的地质条件,以南渡江流域为例,部署 1:5 万地表基质调查,在重点区段部署 1:1 万调查。

南渡江上游地表基质调查:南渡江上游是海南生物多样性保护、水源保护与水源涵养、水土保持 I 类红线区,对海南生态安全起着关键作用。区域内主要为二叠纪和白垩纪花岗岩形成的花岗岩建造<sup>⑤</sup>,地表基质类型主要为花岗岩风化形成的以砖红壤为主的风化产物,基岩少有出露。随着海拔的升高递变为山地赤红壤和山地黄壤,在白沙牙叉镇、琼中红毛镇—黎母山镇一带发育紫色土<sup>⑥</sup>。工作重点:充分利用已有的 1:5 万区域地质调查资料,利用多期遥感解译数据,从单时相静态和多时相动态 2 个维度判定地表基质发育与地形地貌、水系分布、地质构造、地层岩性及环境地质条件的相互关系,以及植被覆盖、水土流失等生态环境状况及其演变,重点突出在无人因素干扰条件下,多圈层交互作用对地表基质的控制和影响。在滑坡、泥石流等多发区开展 1:1 万地表基质调查,查明滑坡、泥石流等地质灾害的致灾机理及与地表基质演化之间的关系。

南渡江中游地表基质调查:中游地区为低山丘陵地貌,主要为志留纪、石炭纪、二叠纪和白垩纪碎屑沉积岩建造和二叠纪、白垩纪花岗岩建造<sup>⑤</sup>。地

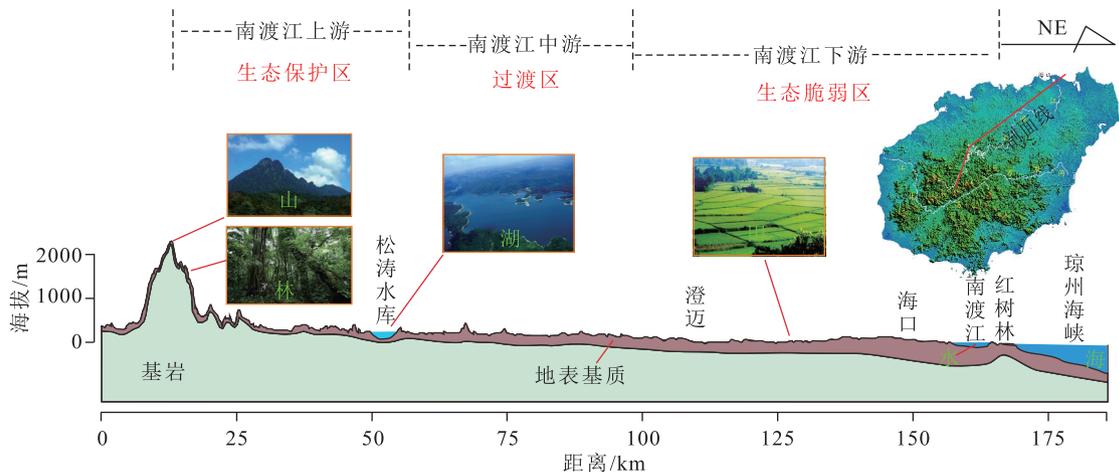


图2 南渡江流域横切面示意图

Fig. 2 The cross-section sketch of Nandu river watershed

表基质类型主要为碎屑沉积岩和花岗岩风化形成的残积物,基岩出露较少,在局部地段随坡度增加,地表残积物受重力和降雨冲刷,向坡下移动,过渡为坡积物,土壤类型主要为砖红壤;沟谷处主要为河流冲积物,沿河流阶地分布水稻土<sup>⑥</sup>。工作重点:在面上调查的基础上,以母质-地表基质-上覆自然资源层垂向剖面调查研究为主,充分利用陡坎、断面以及槽型钻、浅钻揭露和各种物探手段,开展母质-地表基质-上覆自然资源层垂向剖面中物质组成演化特征和规律调查,揭示不同母质物质组成在地表基质形成过程中矿物组成、化学成分的演化规律及其对地表基质理化性质等产生的影响。选择地形地貌的快速变化区开展 1:1 万地表基质调查,开展坡地尺度的矿物及元素的地球化学空间分异研究、坡地尺度风化与侵蚀的室内模拟研究等,探究地形地貌对地表基质及上覆自然资源的生成演化的控制作用。

南渡江下游地表基质调查:南渡江下游主要是晚新生代火山岩喷发形成的火山岩建造<sup>⑤</sup>,地表基质类型主要是火山岩风化形成的砖红壤及火山碎屑堆积物,在南渡江的两岸则主要是河流冲积物及人工开垦形成的水稻土,在石山镇—永兴镇一带发育火山灰土和石质土;靠近入海口发育泻湖沉积物、三角洲堆积物、滨海堆积物及燥红土、滨海沙土、冲积土、滨海沼泽盐土、酸性硫酸盐土等<sup>⑥</sup>。重点关注海陆交互作用及人类活动对南渡江下游地表基质及自然环境的影响,分析其演化趋势,揭示人口增长、产业发展与生态环境的互动效应。在文昌市东郊海岸邦塘湾、海口市海甸岛至桂林洋岸段等海岸侵蚀严重的岸线开展 1:1 万地表基质调查,查明海岸生态退化与地表基质演化之间的关系。同时还应考虑台风、洪水、风暴潮等气象灾害对沿岸地区地表基质及红树林、海草等自然资源的影响。

### 3.3 地表基质分类补充调查

《地表基质分类方案(试行)》<sup>②</sup>按照地表基质发育发展过程将地表基质划分为岩石、砾质、土质、泥质 4 个一级类,按其原有学科体系、理论或普遍接受的依据划分 14 个二级类,提出三级分类的建议依据。地表基质分类补充调查针对岩石、砾质、土质、泥质 4 个一级类分为基础调查指标、特征调查指标,为做好与后期的监测工作的衔接,本次还提出建议

的评价指标(表 2)。

基础调查指标指通过已有各类调查已经获取的共性指标,如开展过中大比例尺(1:25 万—1:5 万)区域地质填图的地区,各类岩石的分布、范围、面积、矿物和化学组成都有详细的调查数据,而在未开展大比例尺区域地质调查的地区就要补齐这些调查指标。同理,分布、范围、面积、有机质、营养成分(N、P、K 等)、密度、含水率等指标是粗骨土、砂土、壤土、粘土等土质的基础调查指标,在未开展过详细土壤调查的地区就要把这些指标作为基础调查指标予以补充完善。

特征调查指标指以前的各类调查没有涉及或没有系统调查(如上覆自然资源类型),尤其是一些与地表基质的质量和生态功能相关的指标(如土质调查中的孔隙度、土温、容重、盐度、土壤呼吸速率等)或与最新的调查标准存在不一致需要重新调查的指标。在 1995 年发布的《土壤环境质量标准》(GB15618—1995)中,国家土壤环境质量标准仅包括 As、Cd、Cr、Hg、Cu、Pb、Ni、Zn 8 种重金属元素,以及六六六和滴滴涕 2 种难降解的有机污染物指标(周国华等,2005),而在 2013 年中国环境监测总站组织开展的全国蔬菜种植基地土壤环境质量例行监测工作中,重金属元素由原来的 8 种增加为 14 种(Cd、Hg、As、Pb、Cr、Cu、Zn、Ni、V、Mn、Co、Au、Tl、Sb),有机物增加到 6 种(六六六、滴滴涕、苯并(a)芘、氯丹、七氯、代森锌)(陆泗进,2013),增加的这些元素和有机质含量即为补充调查指标。Cd 的阈值过低、Pb 的阈值过高也需要进行相应的调整。这是因为随着经济社会发展和土壤污染不断加剧,污染物的种类和数量不断增加,以前制订的土壤环境质量标准已不能适应新形势下土壤环境状况评价的需求。

特殊地质景观区(如珊瑚礁分布区、海草床分布区)地表基质类型与其他地区不同,相应的调查指标也应不同。因此,在开展该类型区地表基质调查时,这些指标也应作为该类型地区的特征调查指标予以体现。地表基质内存在的水、有机质、微生物等附属物质,在以往的各类调查中没有引起足够的重视,尚缺乏统一的调查和评价标准。这些附属物质及其物理化学性质也应作为地表基质调查的重要内容。特征调查指标不宜过多,在保证能真实反映地表基质的理化性质和生态功能的前提下,应

表 2 海南岛地表基质调查建议指标  
Table 2 The proposal survey indexes of ground substrate in Hainan Island

一级分类	二级分类	基础调查指标	特征调查指标	评价指标
岩石	岩浆岩	基于 1:25 万—1:5 万基岩区区域地质调查获取,主要指标包括:地形地貌特征、地理位置、岩性、风化程度、构造、产状、形成时代、定位时间等	风化壳结构、人类工程活动、上覆自然资源类型、覆盖度	地质景观类(地质遗迹、地质旅游)、地质灾害类(崩塌、滑坡、水土流失等)、可用性(石材)、含矿性等
	沉积岩			
	变质岩			
砾质	巨砾	基于 1:25 万—1:5 万覆盖区区域地质调查获取,主要指标包括:地形地貌特征、地理位置、砾石成分、填隙物、粒径大小、分选性、磨圆度等	透水性、填隙物理化性质、上覆自然资源类型、覆盖度	旅游开发、地质景观、可用性(建筑用砂石)等
	粗砾			
	中砾			
	细砾			
土质	粗骨土	基于多目标地球化学调查和国土二调、三调获取,主要指标包括:地形地貌特征、地理位置、颜色、成因类型、组分、多目标区域地球化学调查规范(1:25 万)确定的 54 种元素和 12 种有机污染物,国土二调和三调获取的土地的利用类型、分布、面积等	已有调查未涉及的、现场快速测试指标,主要包括未涉及的理化性质指标(土温、容重、电导率等)、生态功能指标(土壤呼吸速率、总生物量等)、上覆自然资源类型、覆盖度	农用地适宜性评价、土地利用规划、工程性质评价
	砂土			
	壤土			
	粘土			
泥质	淤泥	基于海洋调查和河湖生态专项调查获取,主要指标包括:地理位置、粒度、组分、结构、分布范围、成因类型、有机质组成及含量等	重金属及有机污染物类型、含量、活性、上覆自然资源类型、覆盖度	生态环境及可开发利用性评价
	软泥			
	深海			
	粘土			

以野外现场快速测试指标为主。

评价指标指能反映地表基质的基本状况与保护开发利用程度的指标。岩石类主要是地质景观类(地质遗迹、地质旅游)、地质灾害类(崩塌、滑坡、水土流失等)、可用性(石材)、含矿性等评价指标。砾质类主要评价填隙物状态、可用性指标。土质类以体现“土质”基质如何满足植物生长条件、缓冲功能和生态功能为主,如孔隙度、含水率、土壤呼吸、生物量等,侧重种植适宜性和林草立地条件评价。泥质类主要评价经水体进入泥质的重金属和污染物含量指标,其背景值也要重点关注。

### 3.4 地表基质演化机理研究

详细解剖热带强风化条件下不同地表基质类型的典型断面及剖面,通过开展地表基质与下伏基岩、上覆多门类自然资源的关系调查,尤其注重表生地质作用和海陆交互作用对地表基质演化的影响,研究地表基质下伏基岩层、地表基质、上覆自然资源层之间矿物及化学组分的变化迁移规律、物质

和能量传输的路径;研究地表基质对多门类自然资源产生、形成、发育、演化的孕育和支撑作用;着力查清自然资源生态退化、环境变化等与地表基质的内在联系,以及地表基质与不同类型自然资源之间相互作用和互馈机理。

### 3.5 地表基质综合评价与区划

在查清地表基质现状和演化规律的基础上,从数量、质量、结构、生态功能等角度,开展地表基质现状、开发利用程度及潜力分析,研判其变化情况及发展趋势,评价地表基质各要素之间以及与自然资源、经济社会和区域发展之间的协调关系。参考张海燕等(2020)提出的中国自然资源综合区划理论,依据地表基质的空间、时间和功能属性,重点考虑地表基质的空间结构和变化过程的地域分异,开展海南岛的地表基质三级区划。在确定区划标准的基础上,通过对比不同地表基质类别的组成要素差异,确定不同空间尺度内主导基质类型,一个区域一般确定 1~2 种最主要的基质类型作为主导类

型。关注地表基质在时间尺度的动态变化,逐级完成综合区域划分,采用野外调查和专家论证的方式完成区划方案的验证和优化。

#### 4 结论与展望

(1)地表基质调查是一项涉及多学科、多门类的创新性专项调查,总体思路需要在以后的实践中不断丰富和完善。

(2)尽快开展不同类型区的地表基质调查试点、形成相应的技术方法体系势在必行。建议按照分区逐级调查与分类补充调查相结合、调查与研究并重的原则,开展不同省区的地表基质调查。

(3)针对地表基质分类补充调查提出基础调查指标、特征调查指标和评价指标,注重数量、质量和生态功能指标的获取,以便与后续监测工作的衔接。

#### 注释

- ①自然资源部.自然资源调查监测体系构建总体方案[R].2020.
- ②自然资源部.地表基质分类方案(试行)(自然资办发[2020]59号)[R].2020.
- ③中国地质调查局.覆盖区区域地质调查技术要求(1:50000)[R].2019.
- ④鲁敏,秦天,王献,等.河北省保定地区自然资源地表基基层试点调

查 2020 年度进展报告[R].中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心,2020.

- ⑤龙文国.琼海县幅 E49C001002 1/25 万区域地质调查报告[R].海南省地质调查院,2004.
- ⑥丁式江.琼海县幅 E49C001002 1/25 万生态环境地质调查报告及我国热带地区生态环境地质调查内容、技术与方法总结[R].海南省地质调查院,2003.

#### 参考文献

- 卜建军,吴俊,邓飞,等.中国南方强风化层覆盖区 1:50000 填图方法指南[M].北京:科学出版社,2021.
- 葛良胜,杨贵才.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,2020,33(9):4-11.
- 郝爱兵,殷志强,彭令,等.学理与法理和管理相结合的自然资源分类刍议[J].水文地质工程地质,2020,47(6):7-13.
- 陆泗进,何立环.浅谈我国土壤环境质量监测[J].环境监测管理和技术,2013,25(3):6-12.
- 殷志强,秦小光,张蜀冀,等.地表基质分类及调查初步研究[J].水文地质工程地质,2020a,47(6):14-20.
- 殷志强,卫晓锋,刘文波,等.承德自然资源综合地质调查工程进展与主要成果[J].中国地质调查,2020b,7(3):1-12.
- 张海燕,樊江文,黄麟,等.中国自然资源综合区划理论研究与技术方
- 案[J].资源科学,2020,42(10):36-48.
- 周国华,秦绪文,董岩翔.土壤环境质量的制定原则与方法[J].地质通报,2005,24(8):39-45.