

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2022.12.002

地表基质的内涵辨析与调查思路

姚晓峰, 杨建锋, 左力艳, 张婷婷, 陈骥, 张翠光

YAO Xiaofeng, YANG Jianfeng, ZUO Liyan, ZHANG Tingting, CHEN Ji, ZHANG Cuiguang

中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037

Development and Research Centre, China Geological Survey, Beijing 100037, China

摘要:地表基质是近年来自然资源管理领域的新概念,当前关于地表基质概念的内涵、全国地表基质调查如何开展还存有一定争议。通过辨析概念原义认为,地表基质垂向下限应为潜水层底板,是地球关键带中地表以下物质和功能的载体。地表基质分类中的岩石、砾质、土质、泥质与地质学中的岩石、第四纪沉积物存在“同物异名”情况,2套分类系统具备相互转化的条件。地表基质调查应采用“综合研究为主、补充调查为辅”的总路线,可充分利用区域地质调查、水文地质调查、土地质量地球化学调查、土壤普查等调查的成果获取物质属性数据,需针对潜水层以上的数据空白区和未测数据项补充数据采集工作,关键要加强地表基质对自然资源的孕育、支撑等功能属性的研究工作。全国地表基质调查应按自然资源综合区划体系部署,建议按3个层次展开,一是优先围绕生态功能区,聚焦草地退化、森林衰减、水土流失等突出问题开展中比例尺(1:25万)调查,为发现问题、诊断问题和修复治理提供依据;二是稳步推进全国Ⅱ级综合自然区划单元代表性区域的中比例尺调查,支撑“以点带面”,编制所在Ⅱ级单元的小比例尺图件(1:50万—1:100万);三是适时启动编制区域性、全国性地表基质小比例尺图件(1:100万—1:250万),服务于不同级别国土空间规划。

关键词:地表基质;第四纪沉积物;土壤;调查思路;地质调查工程

中图分类号:P534.63;P62 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2022)12-2097-09

Yao X F, Yang J F, Zuo L Y, Zhang T T, Chen J, Zhang C G. Discussion on connotation and survey strategy of the ground substrate. *Geological Bulletin of China*, 2022, 41(12): 2097–2105

Abstract: The ground substrate is a new concept in the natural resource management area, and there are also controversies on that's connotation and how to plan the national survey. We defined it as the sub-ground material and function carrier of the Earth's Critical Zone, and believed it's lower boundary as the bottom of the phreatic layer. The rock, Quaternary sediments in geological fields and rock-, gravel-, soil-, mud-ground substrates can be composed by the same materials with different name. The investigated results of rock and Quaternary sediments can be transferred into different kinds of ground substrate. The ground substrate survey should be conducted on the basis of regional geological survey, hydrogeology survey, geochemical survey of land quality, soil general survey of soil to achieve the data of compositions, spatial distribution, physical and chemical characteristics of ground substrate. Moreover, the datas of ground substrate between the surveyed zone and the lower boundary of the phreatic layer, and some other unanalyzed data should be added. Furthermore, the research related to the function how the ground substrate affects the upper forest, grass and wetland needs to be strengthened. We supposed that the ground substrate survey should be deployed according to the comprehensive natural resource factors regionalization system in three steps. The first batch should focus on the areas with ecological problems such as grassland degradation, forest attenuation, soil erosion, to locate the problems and provide suggestions for ecological protection and restoration. The second batch should concentrate on key classic area of each Ⅱ grade regionalization area, conduct limited and necessary ground substrate of the scale of 1:250,000 to map the Ⅱ grade area. The third batch should conduct compiling the national and regional map after the second batch, to provide some basic data and documents for territorial spatial planning.

Key words: ground substrate; Quaternary sediments; soil; survey strategy; geological survey engineering

收稿日期:2022-06-01;修订日期:2022-07-12

资助项目:中国地质调查局项目《地质调查战略规划政策研究》(编号:DD20221828)

作者简介:姚晓峰(1986-),男,博士,正高级工程师,从事成矿规律与找矿预测、地质调查规划等研究。E-mail:yaoming212@qq.com

为加快建立自然资源统一调查、评价、监测制度,健全自然资源监管体制,履行自然资源统一调查监测职责提供遵循和指南^[1],2020 年 1 月自然资源部正式发布《自然资源调查监测体系构建总体方案》(简称《总体方案》)。《总体方案》中将地表基质作为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^[1-2],提出要择机开展全国地表基质调查。有研究者认为,地表基质调查要按照小、中、大比例尺全面推进、逐步深入、定期更新^[3]。也有研究者认为,地表基质调查要充分利用已有的区域地质、第四纪地质等调查成果,以改编已有成果为主,适当开展补充调查^[4]。地表基质调查是自然资源领域的新概念,如何在全国展开地表基质调查既是理论问题又是实践问题。本文进一步分析地表基质概念的内涵,剖析了地表基质及其类别与相近概念的关系,分析地表基质调查的需求,梳理相关基础性调查的工作基础,基于科学性、经济性和可操作性的原则,探讨地表基质调查的部署思路和技术路径,以期为全国地表基质调查规划和实施提供参考和借鉴。

1 地表基质概念的辨析

1.1 概念的演变及内涵

《总体方案》中首次给出了地表基质层的定义,

指“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,海岸线向陆一侧(包括各类海岛)分为岩石、砾石、沙、土壤等,海岸线向海一侧按照海底基质进行细分”^[1]。有研究者进一步丰富了地表基质的“地球表层”的内涵,界定了“基础物质”的天然属性,指“当前出露于地球陆地地表浅部或水体底部,由天然物质经自然作用形成,孕育和支撑(但不一定或不限于)森林、草原、水、生物等各类自然资源的基础物质”^[3]。《地表基质分类方案(试行)》(简称《分类方案》)给出的概念进一步增加了范围,除去正在孕育和支撑森林、草原、水等各类自然资源的基础物质外,具备孕育和支撑能力的基础物质也应考虑在内,指“当前出露于地球陆域地表浅部或水域水体底部,主要由天然物质经自然作用形成,正在或可以孕育和支撑森林、草原、水等各类自然资源的基础物质”^[2]。

可以发现,地表基质在空间上位于地球表层,是自然资源立体模型中的重要层位(图 1),在物质属性上是地质作用和自然环境演化共同作用的产物,在功能上具有孕育和支撑自然资源的能力,在物质和能量转化作用方面涉及到岩石圈、水圈、土壤圈、大气圈和生物圈,是维系地球生态系统功能和人类生存的物质基础。从空间范围看,目前地表基质在海陆分界方面已经明确,但是在深度范围不

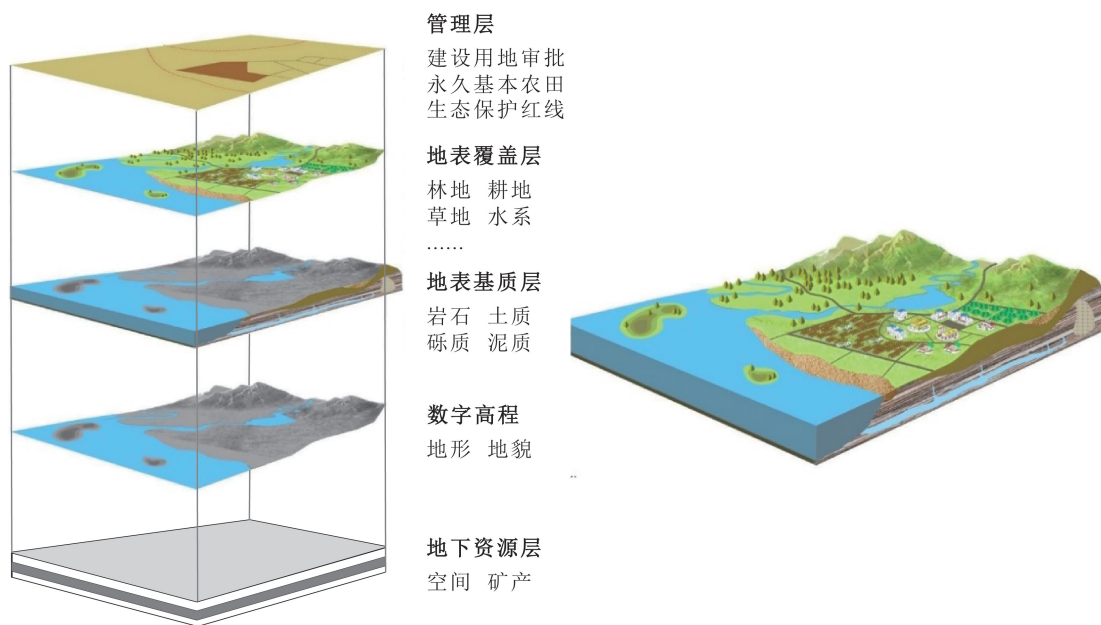


图 1 自然资源数据空间组织架构图(据参考文献[1]修改)

Fig. 1 The projection of ground substrate, natural resources, and some management boundary

同研究者提出不同看法。有研究者认为地表基质的深度应在 50 m 以浅^[3],也有研究者认为深度在 30 m 以浅足以反映基质层情况^[4]。从概念本义看,地表基质深度的概念应该是可以孕育森林、草原、水等各类自然资源的范围,深度应该是以自然边界为限而非绝对深度。植物的根系发育范围可作为孕育自然资源的范围,草本植物的根系一般不超过数十厘米,木本植物的根系一般是“树有多高、根有多深”,植物根系深度在数米到十余米之间^[5]。对于概念中明确的孕育和支撑水资源的范围,应该既包括地表水也包括地下水,因此潜水层及包气带也应作为地表基质的范围。取上述 2 个范围的并集,可以认为潜水层底板应该作为地表基质调查的垂向下限(图 2)。

1.2 地表基质与相近概念的关系

从物质属性角度看,地质学领域的“岩石”“包气带”、农学领域的“土壤”、林草学的“立地”与江河湖海的“底质”,都是从各自学科角度定义的在特定空间位置、具有特定属性的地球表层物质(图 2),但这些概念不足以全面体现地表物质整体性、多元性和复杂性的特点,地表基质在更大程度上综合了这些概念,更加全面地表征了赋存在地球表层的物质。

从功能属性角度看,生态地质条件与地表基质有较大的相似性。生态地质条件主要指对生态有影响的包括地形地貌、地层岩性、成土母质、土壤、地下水等地质条件的总称^{[6]①},是研究各种生态问题或生态过程的地质学机理、地质作用过程的基础。地表基质是孕育和支撑各类自然资源的基础物质,哪些地表基质(组合)在什么条件下、具有何种孕育自然资源的规律是研究地表基质功能的重要领域。可以看出,二者在功能研究方面具有较大的相似性。

从兼顾物质、功能 2 个属性的角度看,地球关键带与地表基质具有更大的相似性。地球关键带是指异质的近地表环境,岩石、土壤、水、空气和生物在其中发生复杂的相互作用,在调控自然生境的同时,决定着维持经济社会发展所需的资源供应^[7]。地球关键带上到植被冠层、下到地

下水潜水层底部,包含着近地表的生物圈、大气圈、土壤圈、水圈和岩石圈地表或近地表的部分^[8]。通过对比可以发现,地表基质是地球关键带地表以下的部分(图 2),在功能方面与地球关键带相近,是孕育林草湿等自然资源并影响生态系统服务空间格局的重要基础。

1.3 地表基质分类及其在地质学中的对应关系

《分类方案》将地表基质划分为岩石、砾质、土质、泥质 4 类不同类型^[2],其中岩石与地质学中的“岩石”概念一致,可使用岩石学分类和命名方案^[10]进一步细化。砾质指地表岩石经风化、搬运、沉积作用而成,颗粒粒径 $\geq 2\text{ mm}$ 且体积含量 $\geq 75\%$ 的岩石碎屑物、矿物碎屑物或二者的混合物^[2],可使用第四纪沉积物的碎屑粒级分类^[11]进一步细化类别。土质指由不同粒级的砾(体积含量 $<75\%$)、砂粒和粘粒按不同比例组成的地球表面疏松覆盖物,在适

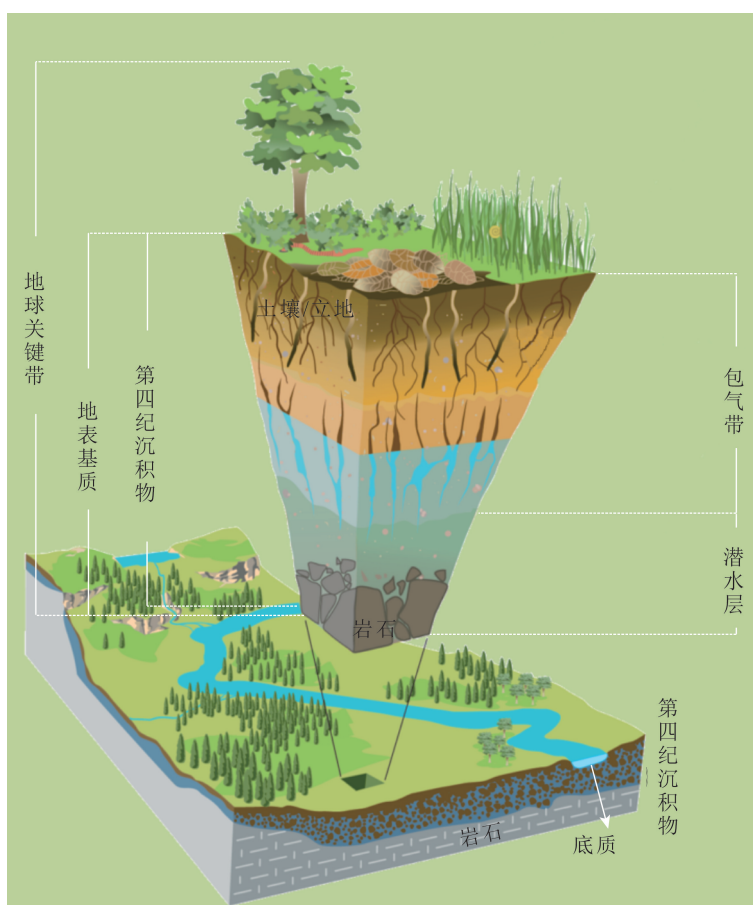


图 2 地表基质与相近概念空间关系示意图(据参考文献[9]修改)

Fig. 2 The spatial relationship among ground substrate and some other similar concept

当条件下能够生长植物^[2],可使用中国土壤系统分类土族和土系划分标准^[12]进一步分类。泥质指长期处在静水或缓慢的流水等水体底部的特殊壤土、粘土,以及天然含水量大于液限、天然孔隙比 ≥ 1.5 的粘性土^[2],可使用深海沉积物分类与命名标准^[13]进一步分类。砾质、土质、泥质虽然是新概念,但基本组成都为砾石、砂、土、泥等物质,与地质学的“第四纪沉积物”存在较多共性。

第四纪沉积物指第四纪以来经沉积、风化等地质作用形成的岩石或松散堆积物,从成因角度可分为冲洪积物、风积物、冰碛物、重力堆积物、化学沉积物、洞穴沉积物、湖积物、海相沉积物等^[14]。第四纪沉积物中固结成岩的部分对应地表基质中的岩石,而松散堆积物主要物质为砾、砂、土、泥和化学物质,可与地表基质的二级分类找到对应关系(表1)。从不同沉积相的第四纪沉积物特征看,在一般情况下,冰碛物属于砾质,风积物属于土质,湖积物的未固结成岩部分属于泥质。冲洪积物、重力堆积物、洞穴沉积物需要根据砾、砂、土的含量进一步确定属于砾质或土质,砾石含量超过75%为砾质,否则为土质。总的来说,可以根据“第四纪沉积物”中物质组分及所占比例转化为地表基质相应分类。

表1 第四纪沉积物与砾质、土质、泥质的一般性对应关系

Table 1 A coarse corresponding relationship between Quaternary sediments and gravel-, soil- and mud-ground substrate

第四纪沉积物	砾质	土质	泥质	备注
坡积物	√	√		以砂、粉砂、粘土为主
冲洪积物	√	√		以砾石、砂、粘土为主,常有旋回
风积物		√		
冰碛物	√	√		以砾为主
重力堆积物	√	√		以砾为主
化学沉积物		√	√	
洞穴沉积物	√	√		以砾石、粘土和化学沉积物为主
湖积物			√	
海相沉积物	√		√	以泥为主

2 地表基质调查的需求和任务

从《总体方案》出台背景看,为了履行自然资源部“两统一”职责,通过构建自然资源调查监测体系,查清中国各类自然资源家底和变化情况,服务国土空间规划和山水林田湖草的整体保护、系统修复及综合治理^[1]。《总体方案》围绕自然资源提出了基础调查和八大类专项调查^[1],地表基质调查是八大专项调查之一,旨在查清岩石、砾质、砂质、土质等地表基质类型、理化性质、地质景观属性等。从查明地球表层物质特征及其分布的基本定位看,地表基质调查属于地质调查范畴;从服务国土空间规划、生态系统保护修复和综合治理的现实需求看,地表基质调查可进一步归属于应用性基础地质调查。结合自然资源调查监测总体思路,分析自然资源管理对地表基质调查在实践层面和科学层面的需求,主要体现在以下三方面。

一是掌握全国地表基质的空间分布情况。围绕掌握全国地表基质空间格局、形成地表基质全国“一张图”的需求,要按照地表基质的分类体系,查明全国不同类型地表基质平面上和垂向上的分布特征,总结不同地势、地形、地貌、气候条件下的地表基质(组合)的分布规律。

二是查明地表基质中物质组分、理化性质及其变化情况。岩石的性能在千年尺度上能够保持稳定,但是砾质、土质、泥质的结构、成分、性质在年度尺度会有变化。围绕监测地表基质性状变化、前瞻性应对潜在风险的需求,要查明地表基质物质组分、物理化学等性质,监测其变化情况,分析影响性状变化的因素和作用机制,这些科学上的认识可为监测和预测地表基质变化情况提供理论支撑。

三是摸清地表基质对自然资源的孕育规律和机制。围绕国土空间规划、生态系统保护修复等相关自然资源管理需求,查明中国不同地理区域、不同类型地表基质(组合)孕育森林、草原、湿地等自然资源的适宜性和专属性,在地球系统科学理论指导下探究其中的影响因素和作用机制,寻找地表基质支撑和孕育自然资源的内在原因。

3 相关基础性调查的工作基础

现有的相关基础性调查根据不同目的对地表基质开展过不同程度的调查工作(表2),为了充分

利用已有调查成果、避免重复调查,需要厘清地表基质调查与相关基础性调查工作的关系。

区域地质调查涉及岩石和第四纪沉积物等对象。区域地质调查主要任务是查明岩石、地层、构造、古生物等地质要素的特征、属性、空间分布与相互关系,研究风化作用、剥蚀作用、沉积作用、火山作用、侵入作用、变质作用和构造作用,揭示形成环境和地质演化历史等,阐明自然资源赋存的基础地质背景^②;对于覆盖区还需利用钻探等手段查明第四纪沉积物的粒性、粒径等,砾石层的砾性、砾径等,土状堆积物的可塑性、坚硬程度等,火山灰层、化学沉积层等特殊夹层,研究沉积物成因及古气候

特征等^{[15]③}。对于区域地质调查完成的区域,基岩和第四纪沉积物的空间范围、类型、组分等特征已基本查明,“基岩”可转为地表基质的“岩石”,第四纪沉积物可根据砾、砂、土的比例转化为砾质或土质,第四纪沉积物的成因认识可为研究不同类型地表基质分布和演变规律提供参考;但是区域地质调查获得地表物质理化性质的数据较有限,地表物质与林草湿等资源的关系认识涉及较少。中国陆域中比例尺(1:25 万和 1:20 万)区域地质调查基本完成^④,1:5 万区域地质调查也达到陆域面积的 45% 以上^④,还形成了全国 1:250 万、各省(区市) 1:50 万—1:100 万的地质图及数据库,具备从区

表 2 相关基础性调查的调查对象和调查指标

Table 2 Main investigated subject and key factors of some basic survey related to ground substrate

工作类别	调查对象	相关调查指标
地表基质调查	潜水面底板以上的地球表层物质	1.物质组分:岩石、矿物等物质的成分、含量和分布等 2.理化性质:颜色、结构、粒度、质地、厚度、密度等物理特征,化学组成、酸碱度等化学特征 3.地表景观:地形地貌,孕育的森林、草地、湿地、水等类型 and 状态等
区域地质调查	地下的岩石、地层、构造等地质作用产物	1.基岩:岩石、地层、构造等地质要素的类型、特征、性质、空间分布等 2.第四纪沉积物:沉积物的厚度、类型、组成、性质、结构、粒度、空间分布等
全国土地调查	耕地、园地、林地、草地、商服、住宅等类型土地	1.耕地、园地、林地、草地等地类的分布、面积、权属等 2.与耕地质量等级评价相关的自然地理格局、作物熟制、地形条件、土壤条件(厚度、质地、有机质含量、pH 值)、生态环境条件(生物多样性、土壤重金属污染状况)、耕地利用现状等属性
土壤普查	耕地、园地、林地、草地等农用地和盐碱地等部分未利用地的土壤(1 m 以浅)	1.性状:颜色、质地、有机质、酸碱度、养分情况、容重、孔隙度、重金属等理化指标,植物根系、动物活动和微生物数量、类型、分布等生物学指标 2.类型:亚类、颗粒大小、矿物成分等 3.立地条件:地形地貌、植被类型、水文地质、气候等 4.利用状况:基础设施条件、种植制度、耕作方式、植物生长及作物产量水平等基础信息,肥料、农药等投入品使用情况,土壤培肥改良、农作物秸秆还田等做法
土地质量地球化学调查	第四纪覆盖层(2 m 以浅)	养分元素(N、P、K、Ca、Fe 等)、生命健康元素(Se、Sr、F、I 等)、重金属污染元素(Hg、Cd、Pb、Cr、As)和有机污染物含量
水文地质调查	地下水、含水层、包气带	1.地下水:水位、水量、水质、水温、水化学等特征 2.含水层:岩性、岩相、厚度、产状、分布范围、埋藏深度等,富水性及入渗系数、渗透系数、导水系数、给水度、贮水系数等水文地质参数 3.包气带:岩性、结构、厚度、产状、分布等特征,入渗率、含水率、岩土化学特征等参数
生态地质调查	生态功能区的生态地质条件	1.风化壳的分布、风化程度、厚度、垂直分带等 2.成土母质的分布、厚度、结构、组分等 3.土壤的类型、厚度、结构、粒度、容重、组分等 4.包气带的渗透性能、水分盐分垂向分布及动态、蒸发影响带深度、毛细水上升高度等 5.森林、草原、湿地等的分布和变化,植被类型及其分带、覆盖度、净初级生产力、叶面积指数、生物量及其变化、根系分布、发育深度等 6.积温、湿度、日照、风速、风向、降水等气象要素

域地质调查认识向地表基质分类进行概念转化的条件。

涉及土质的调查工作有国土调查、土壤普查和土地质量地球化学调查。以 2021 年完成的国土“三调”为例,基本摸清了全国土地利用现状和土地资源变化情况,掌握全国的耕地、园地、林地、草地、湿地等主要地类的面积、分布、构成和权属数据^[16],并以县域为单位从自然地理格局、作物熟制、地形条件、土壤条件、生态环境条件、耕地利用现状 6 类指标评价耕地质量等级^[17]。中国新启动的第三轮土壤普查,是在国土“三调”的基础上进一步查清 1 m 以浅的土壤类型及分布规律、资源现状及变化趋势,调查数据涵盖土壤的性状、类型、立地条件、利用情况等方面^[18-19]。土地质量地球化学调查从多目标区域地球化学调查演变而来,是针对地表以下 1~2 m 深度范围的第四纪覆盖物,以土壤地球化学测量为主、水地球化学测量为辅的调查工作,获取其中 54 种无机元素组分和有机污染物的化学含量数据^⑤。对比可以看出,植被空间分布情况可从国土“三调”数据中获取,2 m 以浅的土质亚类、理化性质等数据可以从土壤普查和土地质量地球化学调查成果中获取,2 m 深度至潜水层底板之间基质的成分、理化性质需要补充调查。国土“三调”已经全面完成,全国第三轮土壤普查将在“十四五”期间完成,中比例尺土地质量地球化学调查完成 $279.57 \times 10^4 \text{ km}^2$ (含耕地 $106 \times 10^4 \text{ km}^2$)^④,具备地表基质调查获取相关数据的条件。

生态地质调查主要任务是调查区域生态变化和生态地质条件的现状分布、历史演化过程,分析相关要素间的相互作用过程,调查生态地质问题类型、分布及其控制与影响因素,提出国土空间利用与生态系统保护修复建议^①。地表基质调查与生态地质调查在功能属性方面研究内容接近,在物质属性方面,前者侧重于实物载体而后者侧重于支撑条件。生态地质调查综合获取地形地貌、地层岩性、成土母质、土壤、地下水、气候等地质条件的基本特征中,“地层岩性”可转化为地表基质中的“岩石”,“成土母质”可转化为“砾质”或“土质”,“土壤”特征可直接进行概念和类型转化,岩石、成土母质、土壤、地下水的理化性质数据可以相应提取;调查获取的林、草、湿地等资源的分布、变化和植被类型的分带特征,也是研究地表基质孕育自然资源的重要

内容;研究生态地质问题区的保护、修复和治理的对策建议^[20-21],也是地表基质调查的现实需求。需要指出的是,生态地质调查深度也较有限,仅在湿地和岩溶区利用钻探揭露至潜水层底板,其他地区的成土母质和土壤的调查采样一般限在 2 m 以浅^①。中国生态地质调查中比例尺和大比例尺完成面积仅占陆域的 2.9% 和 0.5%^④,尚不足以形成表层物质孕育支撑生态系统的区域性规律认识^④。

水文地质调查的主要任务是调查地下水的水量、水质、水位和水流状况及其变化规律,研究含水层的组成和空间分布特征,调查人类活动与气候变化对地下水系统及地下水环境的影响,分析控制水量、水质、水位、水流的因素,评价地下水变化对生态环境的影响^⑥。其中,含水层空间分布是确定地表基质垂向范围的依据,钻探工程揭露了从地表到潜水层底板的物质属性,包气带和含水层的组成、结构能为地表基质类型转换提供数据,包气带和含水层的水文地质参数是理化性质的重要内容,地下水与生态环境之间的关系也是研究地表基质孕育水资源和生态系统的重要方面。中国中比例尺水文地质调查除青藏高原、塔里木盆地等地区外已基本完成^④,具备提取地表基质相关数据的条件。

4 地表基质调查的实践探讨

4.1 技术路径

有研究者提出按照概查(1:100 万—1:25 万)、调查(1:10 万—1:5 万)、精查(1:1 万及更大)3 个尺度推进,从小比例尺到大比例尺,工作逐步深入、精度逐步提高,以满足不同层次需要;全国性小比例尺调查工作集中力量一次性完成,区域性大比例尺调查根据具体需求进行部署^[3]。有研究者指出要依据全国生态格局和流域单元,按照 1:25 万和 1:5 万 2 个尺度部署开展地表基质调查,1:25 万调查工作以综合已有数据和重编已有成果为主,1:5 万调查按照基岩区和第四纪覆盖区分别推进^[4,22]。有研究者提出地表基质调查应按照全国、大区、关键地段 3 个层面推进,按照自然资源一级区划进行部署^[23]。

前已述及,全国基于 1:25 万比例尺的岩石、第四纪沉积物、水文地质条件等特征已有工作基础,也形成了全国层面(1:250 万)、区域层面(1:50 万—1:100 万)的数据库,由于地表基质的物质属性数

据可以从已有区域地质调查、水文地质调查等调查成果中获取,地表基质调查“从零开始”显然不是最经济的实施路径。从自然资源管理对地表基质调查的三大需求出发,秉承科学性、经济性和可操作性的原则,在已有基础性调查成果和认识的基础上,地表基质调查应采取“综合研究为主、补充调查为辅”的总路线。通过调用图件、提取要素、查阅报告和原始资料,获取不同种类地表基质的空间分布、理化性质等属性数据;补充性的实地调查工作要对垂向上存在数据空白的区域利用物探、钻探等手段进行揭露,对基质理化性质存在的未测数据项补充采样和测试工作。需要强调的是,回答“什么地区、什么地表基质适宜孕育哪种生态系统”是地表基质调查的关键任务,要充分结合自然地理学研究^[24-27]、水文地质调查、生态地质调查^[20-21]、土壤普查、地球关键带监测^[8, 28]在圈层相互作用方面的研究认识,不断提升地表基质对森林、草地、湿地等自然资源的孕育规律的认知水平。具体来看,不同尺度的地表基质调查工作可参考以下路径实施。

小比例尺(1:50万—1:250万)工作目的在于掌握全国、区域及省区的地表基质空间格局及其孕育自然资源的框架性规律,支撑服务宏观尺度的国土空间规划和生态系统布局优化。小比例尺工作可充分利用已有的小比例尺地质图、第四纪地质图、土壤类型分布图进行信息转化,精度保留至地表基质Ⅱ级分类。在实际操作过程中,结合遥感与地形、地貌数据,基岩裸露区采用地质图提取岩石信息;覆盖区采用第四纪地质图、土壤类型分布图的相关信息,并查阅图件说明书将原类型转化为砾质或土质,如遇砾、砂、土比例不清的情况,追索原始资料进一步确定。

中比例尺(1:25万)工作目的在于提升重点区、典型区的地表基质及其孕育相关自然资源的认知水平,服务区域性山水林田湖草的整体保护和系统修复。中比例尺工作应以综合研究和编图为主、调查为辅,充分利用中比例尺地质图、第四纪地质图、土壤类型分布图等资料提取基质类别和空间信息,保留至地表基质Ⅲ级分类。基质理化性质可以从土地质量地球化学调查、土壤普查等成果中提取,重点补充潜水层以上的基质数据空白区的调查工作。在功能属性方面,充分吸收已有水-土-植物相互作用方面的研究认识,细化地表基质和上覆自

然资源理化状态协变情况,深化地表基质对有关自然资源孕育的区域性规律和机理认识。

大比例尺(1:5万)工作主要围绕特定区域、特定类型的生态问题,为发现问题、诊断问题和修复治理提供地学依据。大比例尺工作要根据已有基础地质调查工作程度分类实施,数据精度保留至地表基质Ⅳ级分类。在具备1:5万区域地质调查工作基础的地区,按照前述路径提取转化信息和补充调查;在不具备1:5万区域地质调查工作基础的地区,优先编制所在区域的1:25万地表基质图,在此基础上按照基质分类细化和修测。

4.2 工作部署

地表基质中的砾质、土质、泥质空间分布与地貌的关系密切^[29-30],而自然地理学研究显示,林、草、湿地等自然资源的分布与地表物质、海拔、气候、地貌、水文等条件都有联系^[24, 31],地表基质调查应以综合性区划体系作为部署框架。同时,地表基质调查从认知角度看,要掌握不同区域不同基质(组合)的“宜林则林、宜灌则灌、宜草则草、宜湿则湿、宜耕则耕、宜荒则荒”的规律;从实践角度看,要为调整优化林、草、湿等自然资源的空间分布格局提供对策建议。本文建议全国地表基质调查按照以下3个层次进行部署。

一是优先围绕生态系统问题突出区域开展中(大)比例尺调查。全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划明确了中国“三区四带”的生态功能格局^[32],生态功能区中存在有不同程度的草地退化、森林衰减、水土流失等问题。一些生态问题是人为因素造成的,一些问题暗示了某种与自然演替规律不协调不适配的情况。地表基质调查应当优先部署在生态问题区或生态脆弱区,中比例尺工作不足以解决问题,要进一步开展大比例尺调查。草地退化最显著的是青藏高原、黄河上游和北方防沙带^[32-34],主要原因有过度放牧和土地沙化^[32-33, 35],土地沙化的原因和机理应进一步认识。森林衰减最显著的地区为东北森林带和黄河流域上游,东北森林带退化主要是人为过度采伐和不合理开发引起的,黄河上游防护林是因缺水和土地沙化导致的退化^[33, 36],防护林退化原因也应从地表基质角度尝试探讨。水土流失最显著的地区是黄河中游黄土地区和东北黑土地地区,主要与地形地貌、气候、土壤本身特点和土地利用方式密切相关^[37-38],应深化不

同类别地表基质之间作用机理的研究,为促进水土保持提供科学依据。

二是稳步推进典型区域的中比例尺调查和编图工作。早期有研究机构基于地势、气候、植被等指标提出综合自然区划体系,将全国划分为 12 个 I 级单元 44 个 II 级单元^[39]。近年来,有研究者基于地形地貌、气候要素、植被要素、流域要素、自然资源要素 5 个指标提出了自然资源要素综合区划体系,拓展到山水林田湖草沙冰等全要素指标,形成 7 个 I 级单元及其下设的 II 级单元体系^[40]。从《总体方案》的定位看,第二种区划体系更加贴近自然资源管理的需求。在 II 级区划单元中具有可类比的砾质、土质等地表基质组分和林草湿等资源发育情况,为了尽早掌握全国地表基质分布格局,应当在全国各 II 级单元中分别选择代表性区域部署适量、必要的中比例尺调查工作,支撑“以点带面”编制所在 II 级单元小比例尺图件(1:50 万—1:100 万)。

三是适时编制区域性、全国性地表基质小比例尺图件。在全国 II 级单元编图完成之后,按照前述小比例尺数据转换和编图研究的技术路径,结合地表基质调查在孕育林、草、湿等自然资源的专属性和亲缘性方面取得的规律性认识,启动编制区域性和全国性的地表基质图件(1:100 万—1:250 万),框架性表达宏观空间尺度上地表基质种类分布情况,叠加表达孕育林、草、湿地等不同类别自然资源的现状、适宜性及潜力,为不同尺度的国土空间规划提供基础依据。

5 结 论

(1) 地表基质是地球表层支撑和孕育森林、草地、湿地、水等自然资源的物质载体和功能媒介,垂向下限应为潜水层底板,是地球关键带中地表以下部分。四大类地表基质与地质学中岩石、第四纪沉积物等概念存在“同物异名”情况,2 套概念体系具备相互转化的条件。

(2) 地表基质调查属于应用基础地质调查,可充分利用已有区域地质调查、水文地质调查、土地质量地球化学调查、土壤普查等成果获取物质属性数据,需要针对潜水层以上的物质属性数据空白区域和未测数据项补充数据采集工作,重点加强地表基质对相关自然资源的孕育规律和机理认识。

(3) 地表基质调查工作应按自然资源要素综合

区划体系部署,建议按 3 个层次展开工作:一是优先围绕生态系统脆弱地区,聚焦草地退化、森林衰减、水土流失等突出问题开展中(大)比例尺调查;二是稳步推进全国 II 级区划单元的典型区域的中比例尺调查;三是适时启动编制区域性、全国性地表基质图件。

致谢:感谢中国地质调查局发展研究中心郝梓国研究员、中国自然资源经济研究院吴尚昆研究员、中国地质调查局自然资源综合调查指挥中心刘晓煌研究员、自然资源部信息中心崔荣国研究员在成文过程中给予的帮助和启发。

参考文献

- [1] 自然资源部.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[EB/OL](2020-01-17)[2020-06-01] http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200117_2498071.html.
- [2] 自然资源部.自然资源部办公厅关于印发《地表基质分类方案(试行)》的通知[EB/OL](2020-12-12)[2020-12-12] http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-12/23/content_5572445.htm.
- [3] 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.
- [4] 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,2020,47(6):8-14.
- [5] 杨静慧.植物学[M].北京:中国农业大学出版社,2014.
- [6] 王京彬,卫晓峰,张会琼,等.基于地质建造的生态地质调查方法——以河北省承德市国家生态文明示范区综合地质调查为例[J].中国地质,2020,47(6):1611-1624.
- [7] 杨建锋,张翠光.地球关键带:地质环境研究的新框架[J].水文地质工程地质,2014,41(3):98-104.
- [8] Lin H. Earth's Critical Zone and hydrogeology: concepts, characteristics, and advances[J]. Hydrology Earth System Sciences, 2010, 14 (1): 25-45.
- [9] National Science Foundation. NSF-supported scientists present new research results on Earth's critical zone[EB/OL](2018-12-13)[2020-06-01] <https://www.innovations-report.com/earth-sciences/nsf-supported-scientists-present-new-research-results-on-earth-s-critical-zone/2018>.
- [10] GB/T17412.1/2/3—1998.岩石学分类和命名方案 火成岩岩石分类和命名方案[S].北京:国家质量技术监督局,1998.
- [11] Wentworth C K. A scale of grade and class terms for clastic sediments[J]. Journal of Geology, 1922, 30(5): 377-392.
- [12] 张甘霖,王秋兵,张凤荣,等.中国土壤系统分类土族和土系划分标准[J].土壤学报,2013,50(4):826-834.
- [13] 张富元,李安春,林振宏,等.深海沉积物分类与命名[J].海洋与沼,2006,(6):517-523.
- [14] 田明中,程捷.第四纪地质学与地貌学[M].北京:地质出版社,2009.
- [15] 胡健民,陈虹,邱士东,等.覆盖区区域地质调查(1:50000)思路、原则与方法[J].地球科学,2020,45(12):4291-4312.

- [16] 自然资源部.自然资源部关于印发《第三次全国土地调查总体方案》的通知[EB/OL](2018-01-11)[2020-06-01] http://www.gov.cn/xinwen/2018-01/12/content_5255923.htm.
- [17] 自然资源部.国务院第三次全国国土调查领导小组办公室关于印发《第三次全国国土调查耕地资源质量分类工作方案》的通知[EB/OL](2020-09-16)[2020-09-16] http://gi.mnr.gov.cn/202009/t20200916_2558088.html.
- [18] 中华人民共和国中央人民政府.国务院关于开展第三次全国土壤普查的通知[EB/OL](2020-01-29)[2020-06-01] http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-02/16/content_5673906.htm.
- [19] 农业农村部.第三次全国土壤普查工作方案[EB/OL](2020-02-17)[2020-06-01] http://www.gov.cn/xinwen/2022-02/24/content_5675442.htm.
- [20] 石建省,马荣,马震.区域地球多圈层交互带调查探索研究[J].地球学报,2019,40(6):767-780.
- [21] 聂洪峰,肖春蕾,任伟祥,等.生态地质研究进展与展望[J].中国地质调查,2021,8(6):1-8.
- [22] 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当议[J].水文地质工程地质,2020,47(6):1-7.
- [23] 李响,周效华,相振群,等.地表基质调查的工作思路当议:以海南岛为例[J/OL].地质通报, <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4648.P.20210827.1805.002.html>.2021.
- [24] 陈发虎,傅伯杰,夏军,等.近70年来中国自然地理与生存环境基础研究的重要进展与展望[J].中国科学:地球科学,2019,41(11):1659-1696.
- [25] 张新时.中国山地植被垂直带的基本生态地理类型.[M]//姜恕主编.植被生态学研究.北京:科学出版社,1994.
- [26] 张百平,姚永慧.山体效应研究[M].北京:中国环境出版社,2015.
- [27] Zhang B, Yao Y. Implications of mass elevation effect for the altitudinal patterns of global ecology [J]. Journal of Geographical Sciences, 2016, 26: 871-877.
- [28] Banwart S, Menon M, Bernasconi S M, et al. Soil processes and functions across an international network of Critical Zone Observatories: Introduction to experimental methods and initial results[J]. Comptes Rendus Geoscience, 2012, 344: 758-772.
- [29] 田明中,张绪教,曹伯勋,等.1:5万区域地质调查中第四纪地质的研究内容与图件表示原则及方法[J].第四纪研究,1999,(3):217-223.
- [30] 闵隆瑞,王永,王成,等.一幅新的第四纪地质及地貌图的编制——以宁夏与山东为例[J].中国地质,2016,43(3):1026-1032.
- [31] 蔡运龙.当代自然地理学态势[J].地理研究,2010,29:1-12.
- [32] 中华人民共和国中央人民政府.国家发展改革委 自然资源部关于印发《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021-2035年)》的通知[EB/OL](2020-06-03)[2020-06-03] http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/12/content_5518982.htm.
- [33] 王浩,胡鹏.水循环视角下的黄河流域生态保护关键问题[J].水利学报,2020,51(9):1009-1014.
- [34] 刘江,谢遵博,王千慧,等.北方防沙带东部区生态安全格局构建及优化[J].生态学杂志,2021,40(11):3412-3423.
- [35] 卢欣石,何琪.内蒙古草原带防沙治沙现状,分区和对策[J].中国农业资源与区划,2000,21(4):58-62.
- [36] 付景保.黄河流域生态环境多主体协同治理研究[J].灌溉排水学报,2020,39(10):130-137.
- [37] 刘宪春,温美丽,刘洪鹄.东北黑土区水土流失及防治对策研究[J].水土保持研究,2005,12(2):74-76.
- [38] 田清.近60年来气候变化和人类活动对黄河、长江、珠江水沙通量影响的研究[D].华东师范大学博士学位论文,2016.
- [39] 中国科学院东北地理与农业生态研究所.中国综合自然区划图[M].北京:科学出版社,1989.
- [40] 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):1870-1882.
- ①郝爱兵,林良俊,聂洪峰,等.生态地质调查技术要求(1:50000)(试行).中国地质调查局,2019.
- ②王涛,毛晓长,邱士东,等.区域地质调查技术要求(1:50000).中国地质调查局,2019.
- ③于庆文.1/25万区域地质调查技术要求.中国地质调查局,2002.
- ④董庆吉,张翠光,杨建锋,等.全国地质调查工作程度图集.中国地质调查局,2022.
- ⑤奚小环,任天祥,陈国光,等.多目标区域地球化学调查规范(1:250000).中国地质调查局,2005.
- ⑥郝爱兵,张二勇,韩双宝,等.水文地质调查技术要求(1:50000).中国地质调查局,2019.