

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2021.03.026

自然资源地表基质层调查技术方法新经验

——以保定地区地表基质层调查为例

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

(中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心,河北 廊坊 065000)

摘要:生态文明建设对自然资源管理工作提出新的要求。地表基质层作为自然资源分层分类模型中的第一层,是支撑孕育地表覆盖层的基础物质。因此,实施自然资源地表基质层调查,准确掌握其基底现状是一个现实而迫切的任务。中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心准确把握国家需求,率先在保定地区开展了自然资源地表基质层试点调查工作。以保定地区地表基质层调查工作探索实践为基础,地表基质层试点任务总结提出了地表基质层调查要素-指标体系,探讨确定了不同区域、不同类型地表基质层调查底界。首次建立了“室内研究、野外调查、建库模拟、平台服务”的地表基质层调查技术路线和“资料改化、遥感解译、综合编图、剖面测量、地球物理调查、地球化学调查、工程施工(钻探、槽探、井探等)、采样测试、综合研究”等地表基质层调查方法体系,探索了不同工作手段的应用效果。提出了地表基质层调查工作部署意见建议,旨在为组织和部署自然资源地表基质层调查相关工作提供借鉴和参考。

关键词:地表基质层;自然资源;生态文明;保定

中图分类号:P642.1

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2021)03-0277-12

Technology and Method of the Ground Substrate Layer Survey of Natural Resources: Taking Baoding Area as an Example

HOU Hongxing, ZHANG Shuji, LU Min, ZHANG Zhongyue, SUN Xiao, QIN Tian, WANG Xian, ZHANG Jinlong, SHAO Xingkun, WANG Wei

(Langfang Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, Langfang 065000, Hebei, China)

Abstract: We are facing new challenges in the management of natural resources in the construction of ecological civilization. As the first layer of the natural resources, the ground substrate layer is the basis that supports and nurtures the ground cover layer. Therefore, it is a realistic and urgent task to conduct ground substrate layer survey of natural resources. Langfang Natural Resources Comprehensive Survey Center of China Geological Survey took the lead in carrying out a pilot survey of the ground substrate layer of natural resources in Baoding city. this paper summarized the element-index system for the ground substrate layer survey, and determined the bot-

收稿日期:2020-12-09;修回日期:2021-02-18

基金项目:中国地质调查局自然资源地表基质调查工程(1401),中国地质调查局河北省保定地区自然资源地表基质层试点调查(DD20208023)。

作者简介:侯红星(1975-),男,高级工程师,博士,主要从事区域地质矿产调查和自然资源调查研究。E-mail:wjhjhhx@163.com。

tom boundaries for the survey in different regions and of different types. For the first time, a technical route of “indoor research, field survey, database construction simulation, platform service” and the methods of “data modification, remote sensing interpretation, comprehensive mapping, profile measurement, geophysical survey, geochemical survey, and engineering Construction (drilling, trenching, well exploration, etc), sampling and testing, comprehensive research” were established and applied. The authors aim to provide reference for the investigation of the ground substrate layer survey of natural resources.

Keywords: ground substrate layer; natural resources; ecological civilization; Baoding

地表基质属于自然资源。地表基质层是自然资源分层分类模型中的一个重要圈层,是耕地、森林、草原、湿地、水等资源产生、发育、演化和利用的物质基础。按照党的十九届四中全会明确的“加快建立自然资源统一调查、评价、监测制度”的总体要求,为履行“统一行使全民所有自然资源资产所有者职责、统一行使有国土空间用途管制和生态保护修复职责”的核心职责和主要工作,2020年1月18日,自然资源部发布了《自然资源调查监测体系构建总体方案》(以下简称《总体方案》)(自然资源部,2020)。

目前,前人对于地表基质的研究还比较少。《总体方案》中首次提出“地表基质层”一词,将地表基质层定义为“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”。葛良胜等(2020)基于自然资源基本概念、分类及不同自然资源学科体系、地球关键带等与“地表基质层”划分联系紧密的内容,将地表基质层定义为“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所形成,孕育和支撑森林、草原、水、耕地、海洋等各类自然资源(但不一定或不限于)的基础物质层,这些基础物质就是地表基质”。2020年12月22日,自然资源部办公厅发布了《地表基质分类方案(试行)》(自然资源部,2020),将地表基质概念定义为“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”。

《总体方案》从目标任务、概念模型、工作内容、体系建设、组织实施和保障措施等6个方面,系统规划了新时期中国自然资源“1+8”调查评价和监测工作,即“自然资源基础调查+土地、森林、草原、湿地、水、海洋、地下资源、地表基质等8个自然资源专项调查”,形成了自然资源调查监测体系构建的顶层设计。将地表基质调查与耕地、森林、草原、湿地、水资

源、海洋等一并划为自然资源专项调查内容;提出要在条件成熟时组织系统开展地表基质层调查。葛良胜等(2020)根据《总体方案》就自然资源调查监测体系中地表基质调查若干问题进行了探析,认为地表基质层调查是带有强烈基础调查色彩的专项调查工作,具有基础性、公益性和战略性地位。

地表基质层虽然是一个跨越多门类自然资源业务体系和学科体系的新概念,调查内容(地表基质的类型、理化性质及地质景观属性等)比较广泛,如何正确认识实施自然资源地表基质层调查的意义,如何按照《总体方案》要求部署地表基质层调查工作,如何利用以往基础调查、海洋调查、土壤调查等综合调查资料进一步开展地表基质层野外调查工作,如何进一步详细划分地表基质类型,厘定地表基质层调查指标和内容,采取什么样的方法手段等都需要系统地理清。

2020年,根据自然资源部中国地质调查局统一规划,自然资源综合调查指挥中心在廊坊自然资源综合调查中心率先部署自然资源地表基质调查工程(侯红星,2020)。工程在保定地区开展自然资源地表基质层试点调查(鲁敏,2020)。以试点工作实践为基础,对地表基质的分类进行了探讨,对地表基质层调查的指标、内容和方法等进行了厘定,对地表基质层调查工作部署提出了意见建议,旨在为组织和部署自然资源地表基质层调查相关工作提供借鉴,为探索建立自然资源地表基质层调查技术要求、方法体系和质量规范等提供参考。

1 地表基质层调查的重要意义

地表基质层是自然资源分层分类模型中的第一层,是联接地下和地上资源(物质)的纽带,是地球关键带的重要组成部分(安培浚等,2016)。地表基质

的自然资源属性及其在自然资源分层分类模型中的位置,决定了地表基质调查是自然资源调查监测体系中不可或缺的重要内容(葛良胜等,2020)。构建完整、统一、系统、全新的自然资源立体综合调查监测体系,需要对地表基质(层)开展系统调查。自然资源生长、生态环境变化、国土空间利用等均与地表基质层密切相关。地表基质调查的数据与成果在自然资源统一管理 and 科学研究、国土空间综合利用和科学规划、生态环境保护修复和综合治理等方面的支撑服务领域十分宽广,作用明显,意义重大。

实施自然资源地表基质层调查,是践行习近平生态文明思想的实际行动(殷志强等,2020)。自然资源为人类提供生存、发展的物质与空间。随着社会发展和科学技术进步,越来越多的自然资源需要被开发和利用,同时也产生了自然资源超常规利用、生态环境恶化等一系列问题。党的十八大以来,习近平总书记多次从生态文明建设的宏观视野提出“山水林田湖是一个生命共同体”的论断,强调“人的命脉在田,田的命脉在水,水的命脉在山,山的命脉在土,土的命脉在树,空间用途管制和生态修复必须遵循自然规律”。这一重要论述,为推进绿色发展、保护生态环境和建设美丽中国提供了行动指南。地表基质层作为孕育自然资源的物质基础,在“山水林田湖草”生命共同体中占有十分重要的地位。查明“岩石、砾石、砂质、土质、泥质”等地表基质层的种类、分布、理化性质以及景观、地质属性等,全面了解人类活动影响、开发利用和破坏情况,是整体规划生态环境保护和国土空间生态修复、国土空间用途管制的关键环节。

实施自然资源地表基质层调查是有效保障支撑自然资源部履行“两统一”职责的必然要求。自然资源部挂牌成立后统筹自然资源综合调查监测任务。《总体方案》提出要择机开展系统的地表基质层调查工作,条件成熟时,结合已有的基础地质调查等工作,组织开展全国地表基质调查。着眼国家需求和自然资源部、中国地质调查局职责使命,积极主动地承担自然资源地表基质层调查相关工作任务,实施保定地区地表基质层试点调查,通过试点先行、典型引路,总结推广经验,为系统部署开展此项工作进一步积累经验,以准确摸清全国地表基质层底数与现状,提交相应的调查成果,形成地表基质层全国一张图,为自然资源综合管理评价监测提供基础信息资料支撑。

实施自然资源地表基质层调查是构建完善自然资源调查评价监测体系的重要环节。自然资源地表基质层系自然资源部成立后履行新的职能使命,对自然资源进行分类、调查、评价、监测工作进行系统谋划中首次提出这一概念。在以往基础地质调查、矿产地质调查、生态环境地质调查以及自然资源综合调查等工作中,均没有系统地对地表基质层进行调查和评价,自然资源调查评价监测体系也没有对地表基质层进行系统规划。开展系统的自然资源调查、评价、监测等,建成自然资源日常管理所需的“一张底版、一套数据和一个平台”,需要及时对地表基质层进行系统分类调查和评价,同时完善地表基质层调查工作流程、技术规范、方法体系、质量标准以及制度规定等,与其他多门类自然资源要素调查进行整体评价,不断完善自然资源综合调查评价监测体系。

实施地表基质层调查为推进国家战略的实施提供基础支撑。京津冀协同发展、长江经济带发展、黄河流域生态保护和高质量发展等国家战略需要统筹地表覆盖层和地表基质层整体调查。党的十九届五中全会提出的“要提升生态系统质量和稳定性,推动绿色发展,促进人与自然和谐共生,确保粮食安全,保障能源和战略性矿产资源安全”等新要求,地表基质层作为支撑自然资源覆盖层、管理层和孕育自然资源的基础物质,其类型、分布、性质和现状等直接影响生态系统质量和稳定性。实施地表基质层系统调查,尽快掌握其底数,形成一套地表基质层现状数据,对自然资源(如黑土地)的保护利用,对实施荒漠化、石漠化、水土流失等生态环境问题的综合治理起直接作用。

实施自然资源地表基质层调查是进一步丰富地球系统科学理论的有益探索。目前正处在一个以地球系统科学为旗帜的新的地学革命时代(莫宣学,2019),地球系统科学的研究主题由最初的“全球环境变化”发展成为“对整个地球行为及所有层圈间相互作用的探索”。同时,以地球系统科学理论为指导的地球关键带(地表岩石-土壤-生物-水-大气相互作用带被称为地球关键带,传统的风化壳是其主要组成部分。在这一关键带中,岩石和矿物的风化与成土过程是大气圈、生物圈、岩石圈和水圈相互作用的主要形式,是控制地表环境、改变地球表面地貌和维持生命资源的重要物理、化学和生物过程)研究将

成为新的热点。自然资源地表基质层作为与地球关键带有密切关联的重要层位,是地球系统科学理论研究的重要内容。因此,开展自然资源地表基质层调查研究,利用地球系统科学理论指导自然资源调查、评价和监测,进行自然资源的合理开发利用显得尤为重要和紧迫。加强对自然资源分层分类的三维立体时空模型,地表基质层概念与科学内涵、地表基质层各要素、自然资源各圈层间的相互作用关系、成因联系(如何形成,如何转换,在未来又将如何变化等)的研究和深化等能为不断丰富地球系统科学理论提供重要依据。

2 地表基质层调查内容

2.1 地表基质的分类及命名

地表基质的分类及命名是实施地表基质层调查的基础和前提。学术界目前对于地表基质还没有形成统一的分类命名方案。《总体方案》对自然资源地表基质类型仅进行了初步划分,将陆域地区(包括各类海岛)划分为岩石、砾石、沙和土壤等,并指出海域地区按照海底基质进行细分。吴克宁等(2019)对土壤质地分类及其在中国的应用进行了探讨。殷志强等(2020)根据第四纪地质学特征,将地表基质一级分类划分为基岩和第四纪松散堆积物,二、三级分类按成因类型和地貌形态进一步详细划分。自然资源部调查监测司针对地表基质分类命名先后多次研究分类方案并下发征求意见,项目组结合野外调查实际也多次提出了建设性建议。《地表基质分类方案(试行)》(自然资源部,2020)初步形成了地表基质4类3级分类命名方案体系。按照易于管理、便于调查、利于应用、全域覆盖的自然资源管理工作需要,项目组结合野外工作实践,先后推出“岩、砾、砂、土、泥”、“岩质、砂砾质、土质、泥质”、“岩石、砂砾、土质、泥质、特殊基质”等多种方案。为使地表基质分类命名更具代表性、实用性和可调查性,在自然资源部印发的分类命名方案基础上,提出自然资源地表基质“五类三级”分类建议方案(侯红星,2020;鲁敏,2020),具体分类情况见表1。

本方案根据野外调查实践,认为单纯的“砾质”基质在地表分布并不多,且按砾级进一步分类,在野外调查、最终成图的可操作性和应用性不够强。而野外调查中发现“砂”与“砾”通常发育在一起,因此

将“砂砾”作为地表基质一级分类中的一种,对应于部方案中的砾质。同时一级分类中增加了一类“特殊基质”,即目前地表实际存在的但无法将其归入“岩石、砂砾、土质、泥质”类的一些特殊地质体。地表基质二级分类按照便于识别利用的原则进行分类,岩石基质按照成因进一步划分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。砂砾基质按照砾石的含量进一步划分为砾石、含砂砾、含砾砂、砂等4类;土质基质按照岩屑与细土颗粒组成进一步划分为粗骨土、砂土、壤土、黏土等4类。泥质基质按照成因进一步划分为淤泥、软泥和深海黏土3类。特殊基质作为地球表面实际存在的,但目前还不能调查利用或难以调查的特殊类型基质,在调查工作中根据实际情况予以划分。

地表基质三级分类根据不同调查精度和需求、不同工作区的实际情况进行进一步分类,本次没有进一步细分。

2.2 地表基质层调查内容

《总体方案》将地表基质调查纳入8类自然资源专项调查范畴,并指出要“查清岩石、砾石、沙、土壤等地表基质类型、理化性质及地质景观属性等”,但没有详细列出地表基质层调查的主要内容。在具体实践中认识到不同的地表基质类型支撑孕育的自然资源不同,承载的生态环境属性和生物多样性环境也完全不同。因此,实际调查工作中,在调查不同类型地表基质的普适性属性指标的基础上,还要根据其承载的自然资源、生态环境、物质交换空间等特殊针对性地确定地表基质调查的具体指标和内容。结合保定地区试点调查成果研究,提出了地表基质层调查的指标和内容(图1、表2)。

根据不同类型地表基质调查需要,进一步将调查指标进行了详细厘定,划分了10项调查指标,其中空间分布特征、物理特征、化学特征、成分特征、生物特征等5项为地表基质基本属性特征指标;含水特征、景观属性、气候或气象特征、生态属性、变化趋势等5项指标为自然资源和生态环境特征评价指标。通过对10个指标的调查,在查明地表基质基本属性特征的同时,调查研究地表基质对地表覆盖层,即各类自然资源和生态环境的支撑、孕育作用,掌握人类活动、自然环境变化等对地表基质层、地表覆盖层的影响制约因素等可以使地表基质层调查成果更好地应用于自然资源管理、生态环境保护修复、国土

表 1 自然资源地表基层层分类表(据自然资源部《地表基层层分类方案(试行)》修改)

Tab. 1 Classification of the ground substrate survey of natural resources

一级分类 及依据	二级分类 及依据	三级分类 及依据	分类定义	备注		
天然产出的具有一定结构构造的固体矿物集合体,少数有天然玻璃或胶体或生物遗骸组成						
岩石	成因	岩浆岩	岩石学分类基命名方案 进一步划分为具体岩性、岩性组合或岩石建造	岩浆喷出地表或侵入地壳冷却凝固所形成的岩石	根据覆盖程度,分为茂密、较茂密、较稀疏、稀疏;根据风化程度,分为微风化、中等风化、强风化。无论是覆盖程度还是风化程度,均不构成定名,只做修饰冠在岩的三级分类之前,如茂密岩、中等风化岩浆岩、较稀疏微风化白云岩等	
		沉积岩		在地表或接近地表的常温常压条件下,其他岩石的风化产物和一些火山喷发物,景观水流或冰川的搬运、沉积、成岩作用形成的岩石		
		变质岩		由地壳中先形成的岩浆岩或沉积岩,在环境条件改变的影响下,矿物成分、化学成分以及结构构造发生变化而形成的岩石		
砂砾	岩石经风化、沉积作用而成,砾(粒径>2 mm)与砂(0.05<粒径≤2 mm)含量占 75% 以上的岩石碎屑或矿物碎屑					
按地表基层层发育过程划分	物质组成	砾石	根据成因进一步划分	砾石含量≥95%	突出表现砂砾质常以砂砾混合态的形式存在,粒径大小作为砂砾质属性进行调查。砾:粒级最小粒径≥2 mm,砂:粒级最大粒径<2 mm。三级分类建议按冲洪积、残坡积、风积、冰积等成因类型进行划分	
		含砂砾		砾石含量 50%~95%,砂含量 5%~50%		
		含砾砂		砾石含量 5%~50%,砂含量 50%~95%		
		砂		砂含量≥95%		
土质	绝大多数时间不被冰川与湖海河掩盖,黏粒(粒径<0.05 mm)含量占 25% 以上的地球表面疏松覆盖物					
按地表基层层发育过程划分	岩屑与细土颗粒组成	粗骨土	按土壤酸碱度划分	砾含量>25%,<75%,黏粒含量≥25%	参考:张甘霖等,中国土壤系统分类土族和土系划分标准,三级类按土壤酸碱度划分	
		砂土		砾含量<25%,砂含量≥55%,黏粒含量≥25%		
		壤土		砾粒含量<25%,砂粒含量<55%,黏粒含量介于 25%~35%		
		黏土		砾含量<25%,砂含量<55%,黏粒含量>35%		
泥质	在静水或缓慢的流水环境中沉积,并经生物化学作用形成,其天然含水量大于液限、天然孔隙比大于或等于 1.5 的流体状沉积物					
按地表基层层发育过程划分	成因	淤泥	物质组成	矿物质泥	矿物质组分的体积含量>30%,主要包括石灰质淤泥、硅质淤泥等	
				有机质泥		有机质组分的体积含量>30%,主要包括腐泥和泥炭泥等
				钙质软泥		深海中钙质生物组分的体积含量>30%
				硅质软泥		深海中硅质生物组分的体积含量>30%
		深海黏土	形成于深海环境,黏土(粒径<0.003 9 mm)含量>50%的近代沉积物			
特殊基质	按实际情况予以分类	混杂基质	岩石与土质以混合、叠合等特殊形式组合在一起的基质类型	参考:张富元等,深海沉积物分类与命名,海洋与湖沼,2006,37(6):517-523		
		火山熔流	现代火山喷发而出暂未固结的熔岩流			
		—			

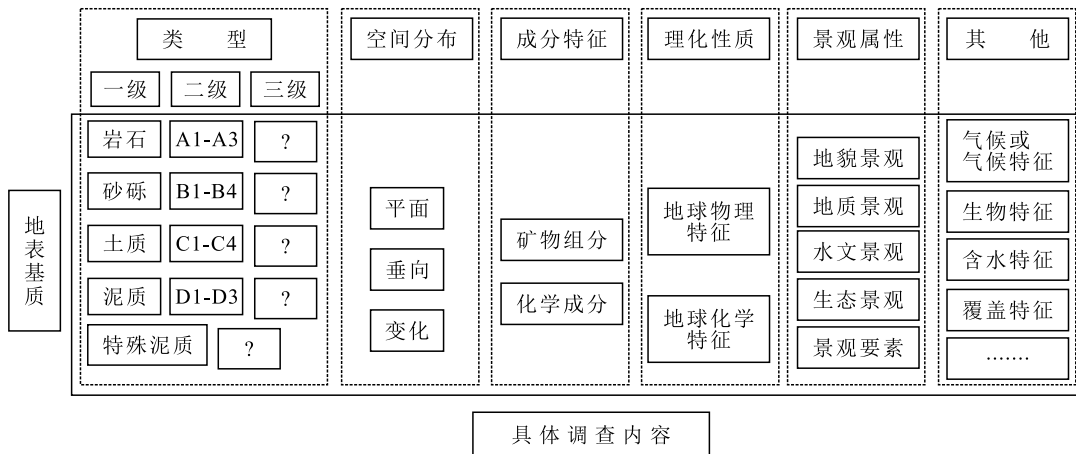


图 1 地表基基层调查指标框架图

Fig. 1 Framework of the ground substrate survey

表 2 自然资源地表基质调查要素与指标体系表

Tab. 2 Survey elements and index system of the ground substrate survey of natural resources

指标	分类	岩石	砂砾	土质	泥质	特殊基质	调查手段
空间分布特征	平面分布	不同类型的地表基质地理位置、分布范围、面积大小、成因类型等					野外调查
	垂向分布	不同类型地表基基层数量,上下叠置关系,不同类型地表基质物理、化学性质的垂向变化规律,垂直厚度等					野外调查(点、线、剖面观察)和工程揭露
	变化特征	不同类型地表基质形成时代,短期或长期变化情况,人类活动影响因素,基于地表基质的生态环境影响因素等					分析测试和综合研究
物理特征		裸露程度,风化壳类型及厚度;主要岩性或岩性组合(岩石建造),颜色,结构,构造,产状,硬度,风化程度,解理或裂隙发育程度;磁性、导电性、含水率等	砾石和砂的颜色、种类、组分、含量,砾径大小,磨圆度,分选性,排列性,砾或砂的成因类型及分布特征;胶结程度,含水率、孔隙度、渗透率、连通性等	颜色、结构、湿度、通气性、团聚稳定性、质地(颗粒组成,粉粒、砂粒、黏粒的比例)、新生体等;土体构造,结构体类型,厚度。密度、容重、总孔隙度、持水性、饱和导水率、渗透率、含水率、障碍层深度、氧扩散率	颜色、结构、质地、厚度、密度、容重、总孔隙度、渗透率、含水率	颜色、结构、构造、温度、湿度、含水率、密度、磁性、导电性等	野外调查(地球物理调查),分析测试
化学特征		风化-氧化程度,风化壳类型;酸碱反应;重要的蚀变、矿化特征等	风化-氧化程度,酸碱反应;重要的蚀变、矿化特征等	盐基饱和度(BS%),阳离子交换量(CEC),污染物浓度、活性及存在状态,石灰反应,PH值、TC、TN、DOC、铵态氮、硝态氮、DON、TP、TK、速效钾、速效磷	pH值、呼吸作用(释放CO ₂)、脱氮作用(释放N ₂ 、CH ₄)、固氮能力	能够肉眼观察到的化学变体等特征	野外调查(地球化学调查)、分析测试和综合研究

续表 2

指标	分类	岩石	砂砾	土质	泥质	特殊基质	调查手段	
成分特征	矿物组分	主要矿物、次要矿物、副矿物含量; 蚀变矿物, 矿石矿物、脉石矿物含量	主要砾石、砂的种类、来源和含量, 不同种类砾、砂的主要矿物成分; 重砂矿物组成等	成土母质类型; 原生矿物、次生矿物种类、粒径、粒径分布, 含量; 主要黏粒矿物种类及特征	粉土质、黏土质, 细砂质以及极细砂质含量	原生矿物(主要、次要)、次生矿物	手标本观察、镜下鉴定、分析测试、地球化学计算	
	化学成分	主要成岩元素(或氧化物)含量; 常量、微量、稀土元素含量; 成矿元素含量或矿石品位等	主要砾石、砂的元素组成; 重砂元素含量等	主要元素(氧硅铝铁钙镁等)、微量元素(锰锌铜钼等)、有益有害元素以及养分元素(氮磷钾盐等)种类和含量; 有机质、腐殖质种类及含量等	主要元素组成(常量、微量、稀土元素等); 伊利石、蒙脱石、高岭石及有机质、营养元素(全氮、速效氮磷钾)含量	常量、微量、稀土等元素含量	分析测试和综合研究	
生物特征		生物化石特征, 包括大化石及微古化石特征	砂砾中的碳质、生物体、生物残骸发育情况	有机碳、生物量、总生物量, 细菌、真菌, 土壤呼吸作用等	有机碳, 细菌、真菌, 生物化石等	有机碳、生物体等种类与数量	野外调查, 分析测试和综合研究	
含水特征		地表水覆盖及地表径流发育情况, 地下水发育情况; 潜水面特征, 水质状况等	含水量、含水类型(化学结合水、吸湿水、自由水)、水质状况; 地下水位; 水的来源	水体类型、水量、水深、水质、水酸碱度, 季节性水量变化等	地表水、地下水特征, 自身含水特征	野外调查、分析测试和综合研究		
景观属性	地貌景观	高原、山地、丘陵、山前、盆地、黄土(红土、黑土等)、冰川(冻土)、风沙、喀斯特、岩溶、荒漠、海岸、海洋等						野外调查
	生态景观	森林、草原、戈壁、荒漠、沙漠、河流、湖泊、湿地、海洋、城市、城乡建设区等						野外调查
	水文景观	河流、瀑布、湖泊、曲流、峡谷、沼泽、滩地、滩涂等						野外调查
	地质景观	构造背景(造山带、火山机构、构造盆地、沉积环境等), 风化侵蚀作用及类型, 地质成因类型, 地质形成时代等						野外调查和综合研究分析
	景观要素	地理坐标、地形、坡度、高差、坡向、方位、水土流失等	地理坐标、地形、坡度、高差、坡向、方位等	地理坐标、地形、高差、坡度、坡向, 侵蚀及排水状况、植被状况等	地理坐标、地形、高差、坡度、坡向、方位等	地理坐标、地形、坡度、高差、坡向、方位等		野外调查和综合研究分析
气候或气象特征	所处气候带类型(热带雨林气候、干燥气候、温带多雨气候等)、气象条件, 年、日平均温度变化, 日照情况, 年平均降雨量、蒸发量等						野外调查和综合研究分析	
生态属性	承载的自然资源或生态系统类型	残坡积物特征及覆盖情况, 植被发育情况(种类、单位平方米内的生物量等); 矿产资源属性; 生态环境问题及影响因素等	地表覆盖物发育情况(林地、草地、田地、园地、灌木、水资源等)、生态环境问题及影响因素等	林地、草地、园地、田地; 植被类型; 土地利用(农牧业)状况、生态环境问题及影响因素等	地表覆盖物发育情况(草地、湿地、水资源等)、生态环境问题及影响因素等	地表覆盖、植被发育情况(种类、单位平方米内的生物量等); 生态环境问题及影响因素等	野外调查、分析测试和综合研究分析	
变化趋势	形成演化历史, 不同类型地表基质相互作用关系、成因联系、相互转化等; 人类活动影响下的变化趋势, 生态保护和资源开发利用建议等						综合研究分析	

空间“双评价”、农林牧业高质量发展等领域,更好地体现地表基质层的基础支撑孕育作用。

2.3 地表基质层调查深度

地表基质层调查深度应综合考虑地表基质层支撑孕育的自然资源和人类活动能够影响或发生相互作用的最大范围深度。在保定地区实际工作中,基于以下考虑:与人类社会经济活动和自然资源相互作用最直接、最显著的地球表层部分(人类能够影响

以及生活所需要;支撑森、草、园、林、耕等的基础物质);水、气、能量交换作用最显著的地球表层部分;土壤耕作层和土壤中微生物活动范围不超过 5 m;植物根系能达到的最大深度约 20 m 以浅;非饱和的包气带一般以 30 m 为主;大多数建筑需探测的深度为 50 m 等因素,建议不同区域的地表基质层调查深度应根据实际情况确定,不能简单设定统一的深度范围(图 2)。



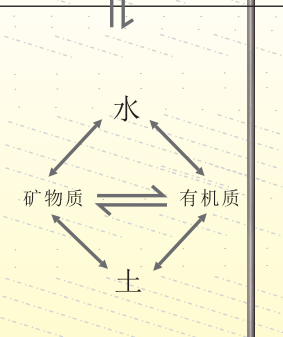

圈层	序号	自然资源地表基质层	深度(m)	自然资源地表基质层特征及调查内容
覆盖层	0			地表基质层支撑孕育的层位,主要对地形地貌特征、土地利用类型、植物、水体等的特征进行调查评价
根系层	1		3.0	该层支撑地表植物的生长,主要对土壤质地、结构、孔隙度、容重、温度、湿度、PH、有机质、阳离子交换量、植物生长所需元素、土壤障碍与污染情况等进行调查评价
	2		5.0	
物质交换层	3		30.0	该层是地表基质层最基础的层位,直接影响上下两层,是自然资源地表基质层质量评价的核心层。主要对土壤质地、孔隙度、矿物组成、化学组成、有机质、水文、水化学条件等进行调查评价
空间利用层	4		50.0	该层是地表基质层的最底层,与人类活动直接联系不显著,主要服务于地下空间利用,该层主要对土壤或岩石的地下空间利用适宜性进行调查,主要对物理力学性质、化学性质进行调查

图 2 地表基质层调查深度范围及研究内容示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the depth range and research content of the ground substrate survey

覆盖层是地表基质层支撑孕育的层位,首先要对地表覆被情况开展调查,主要包括地形地貌特征、土地利用类型、植物、水体等的特征。保定地区属于山地平原过渡带,西高东低,生长槐树、杏树、杨树、

荆条等乔灌木,农作物主要为玉米、小麦、小米、花生等;园地种植柿子树、核桃树等。城镇建设居民区多为硬化地面。根据覆盖层特征对地表基质层调查深度进行调整。

支撑植物生长带(根系层)的地表基质层调查深度为0~5 m。保定地区灌木、草本植物、主要农作物根系深度约3 m以浅,果树、乔木等植物根系深度多在5 m以内。该层为土壤耕作层和微生物活动主要部位,作为地表基质层与地表覆盖层之间相互耦合关系研究范围,主要研究探讨不同地表基质类型与其所支撑孕育地表资源之间相互关系,及其质量进行评价。该深度范围的地表基质调查可为农林牧业发展质量研究提供依据(陶春军等,2020)。

支撑物质交换带的地表基质层调查深度为0~30 m。该深度范围内的地表基质调查是支撑生态涵养区研究的基础。该层为水循环、物质循环最活跃区域,与人类活动直接相互影响,作为地表基质过程监测研究范围,主要探讨研究地表基质层-生态环境响应机制,支撑生态环境保护与治理。

支撑地下空间利用带的地表基质层调查深度为0~50 m。该层具有特殊的空间资源属性,作为地表基质形成演化研究范围,查明其年代格架,构建三

维立体模型。具体调查中此深度范围不作为重点,但可以通过收集已有资料(钻孔,物探等资料),与地表基质调查其他综合资料一并整理,形成一张底板的地表基质立体图,为城镇建设区域,支撑地下空间开发与利用提供支撑(吴文忠等,2020)。

3 地表基质层调查方法

自然资源地表基质调查以地球系统科学和自然资源空间分层分类模型为指导(图3),坚持需求导向、目标导向和问题导向原则,以已取得的基础地质调查、专项地质调查、海洋地质调查、自然资源综合调查、国土空间“双评价”以及规划利用等领域取得的成果资料为基础,对已有资料进行认真梳理、总结、分析、利用,并按照地表基质调查要求进行标准化、矢量化改造,同时结合多时相、多手段遥感解译成果,形成基于地表基质调查的基础性图件,作为开展进一步野外调查和建库模拟的基础。

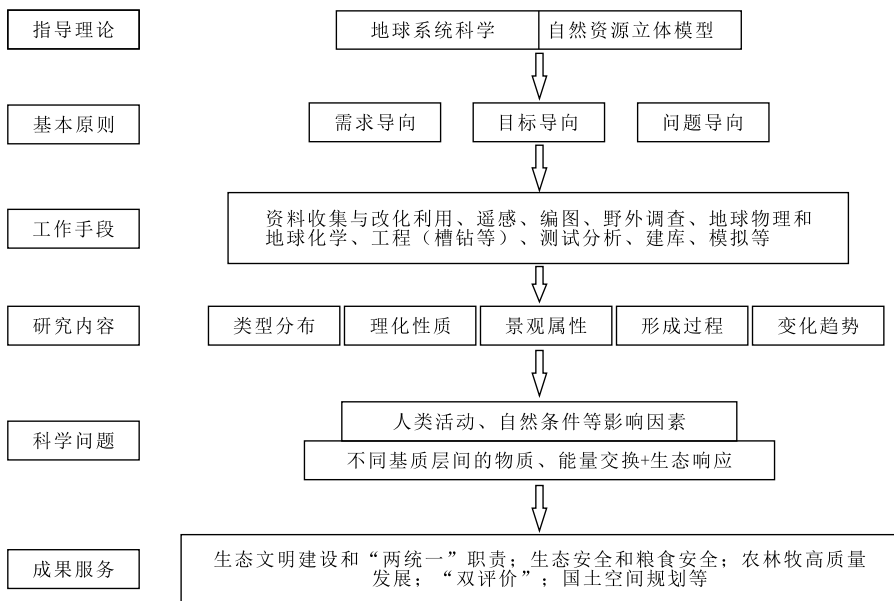


图3 地表基质层调查技术方法体系图

Fig. 3 Technology and methods system of the ground substrate survey

通过在保定地区的实践来看,地表基质调查应按照“室内研究、综合编图、野外调查、建库模拟、平台应用”的过程进行,采用遥感解译、综合编图、剖面测量、地球物理调查、地球化学调查、工程施工(钻

探、槽探、井探等)、采样测试及综合研究等方法手段(图4),研究地表基质类型和分布特征、理化性质、景观属性、形成过程和变化趋势,探讨人类活动、自然环境变化等对地表基质的影响,以及自然资源不

同圈层间的物质变换及相互作用等科学问题,推出一系列调查成果,支撑自然资源管理、生态环境保护修复、农林牧业高质量发展,以及国土空间规划和“双评价”工作。

遥感解译主要利用能够识别不同类型地表基质、不同种类自然资源要素的影像数据,对任务区地表基质层、地表覆盖层各要素进行解译,并结合前人资料收集整理情况,编制任务区系列基础图件,作为

进一步工作的基础和工作部署图。

野外调查主要对已有资料不能满足地表基质层调查工作需要的内容进行补充调查和研究。工作中可以参照传统基础地质调查野外工作方法,根据任务区实际情况,采用穿越法或追索法部署野外调查点和调查路线。调查点和调查路线需要收集记录的内容参照地表基质层调查要素与指标体系(表2),结合实际工作需要进行。

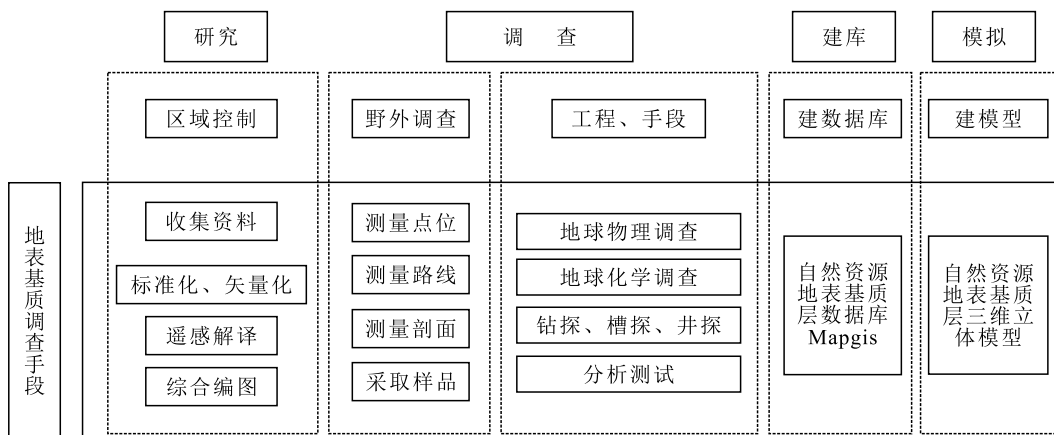


图4 地表基质层调查过程及方法图

Fig. 4 Investigation process and methods of the ground substrate survey

剖面测量主要调查研究不同类型地表基质层厚度、空间接触关系或上下叠置关系,为研究探讨不同地表基质形成演化提供野外一手信息资料。

地球物理调查在了解不同类型地表基质的地球物理参数的同时,主要调查研究地表基质层垂向结构特征、反演地表基质层深部变化情况。如调查残坡积成因的粗骨质土(风化壳)的厚度,调查地表基质层垂向结构分层情况,调查被覆盖的岩石基质的深度(基底覆盖情况)等。通过地球物理调查可以为进一步部署钻探等工程进行验证提供依据。

地球化学调查是按照一定的比例尺和网度对不同类型的地表基质采取地球化学分析测试样品,研究不同类型地表基质的元素含量特征,形成不同类型地表基质的不同元素地球化学图。不同类型地表基质的地球化学样品的布设网度、采样介质、采样深度、样品加工、分析测试参数等要求需要进一步研究,形成适合于自然资源地表基质化学性质评价的一套地球化学调查技术方法体系。

工程施工主要包括地质浅钻、槽探或井探等,主要目的是直接揭露砂砾、土质、泥质或由不同类型地表基质叠合形成的复杂地表基质层的垂向空间叠置规律。槽井钻探工程主要与地球物理调查工作配合一起使用,相互印证。同时,可根据研究需要采取垂向分布的地球化学分析测试样品,查明复杂类型地表基质层垂向空间叠置规律和形成演化特征。

采样测试是根据调查需要采集不同类型地表基质的薄片鉴定样品、地球物理性质测试样品、地球化学分析测试样品、年龄同位素样品等。分析测试参数和要求要根据不同基质的调查内容和指标具体确定。

开展综合研究或专题研究主要对地表基质的形成演化、相互作用、物质交换、综合利用等进行深入研究探索,解决重大资源环境等科学问题,为建立地表基质三维时空模型提供依据。

建库模拟即建立统一的地表基质层数据库,对

所获取的全部地表基质层调查数据进行数字化处理,建立地表基质层立体模型,构建可以融入自然资源三维立体空间模型数据库的地表基质数据层,建设地表基质数据信息数据服务平台。

4 结论与展望

地表基质层调查是一项全新的自然资源综合调查工作,是具有强烈的基础调查性质的自然资源专项调查工作(葛良胜等,2020)。2020年,仅在保定地区开展了试点调查和初步研究探索,对地表基质调查的基本内容与指标要素,对调查的方法手段、技术要求、成果表达、应用服务等取得了一定的认识与总结。基于自然资源综合调查监测体系构建需要,对下一步地表基质层调查的具体工作部署进行了思考,提出如下建议。

(1)试点先行,推出经验。在河北省保定地区开展地表基质层试点调查的基础上,进一步统筹推进地上与地下,陆域与海域,丘陵与平原、沙漠与戈壁、漂流与湖泊、高原与山地等典型地形地貌单元的地表基质层调查工作,形成陆域不同景观区、近海及海岸带、重大战略区、重点生态功能区地表基质层调查成果经验、工作模式和技术方法体系。

(2)专项跟进,成果示范。开展重点地区地表基质层调查,形成示范成果。重点开展东北黑土地、青藏高原冻土区、华北黄土区、华南红土层、西北盐碱土地区、岩溶区、石漠化区等特殊重点地区地表基质层调查工作,结合典型地形地貌区地表基质层调查成果,形成统一的具有代表性的地表基质层调查示范性成果。

(3)形成标准,系统推进。建立自然资源地表基质层调查技术标准体系,系统推进全国地表基质层调查工作。在开展试点调查、推出示范性成果的基础上,形成不同比例尺、不同行政区域自然资源地表基质层调查技术标准规范,统一指导推进国家战略规划区、重要生态功能区、重大工程建设区地表基质层调查,助推形成全国自然资源地表基质层和地表覆盖层的“一张图版、一套数据、一个平台”。

参考文献(References):

- 安培浚,张志强,王立伟. 地球关键带的研究进展[J]. 地球科学进展,2016,31(12):1228-1234.
- AN Peijun, ZHANG Zhiqiang, WANG Liwei. Review of earth critical zone research[J]. Advances in Earth Science, 2016, 31(12):1228-1234.
- 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,2020,9(4):4-11.
- GE Liangsheng, YANG Guicai. New field of natural resources survey and monitoring: ground substrate survey [J]. Natural Resources Economics of China, 2020, 9 (4):4-11.
- 侯红星,张蜀冀,孙肖,等. 自然资源地表基质调查工程2020-2022年实施方案[R]. 廊坊:中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心,2020.
- HOU Hongxing, ZHANG Shuji, SUN Xiao, et al. Implementation plan of the natural resources ground substrate survey project[R]. Langfang Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, 2020.
- 鲁敏,侯红星,王献,等. 河北省保定地区自然资源地表基质层试点调查2020年实施方案[R]. 廊坊:中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心,2020.
- LU Min, HOU Hongxing, WANG Xian, et al. Implementation plan for the pilot survey of the ground substrate layer of natural resources in Baoding, Hebei[R]. Langfang: Langfang Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, 2020.
- 莫宣学. 岩浆作用与地球深部过程[J]. 地球科学,2019,44(5):1487-1493.
- MO Xuanxue. Magmatism and deep geological process[J]. Earth Science, 2019, 44(5):1487-1493.
- 陶春军,周天健,张芙蓉,等. 安徽岳西翠兰产地土壤环境质量及种植适宜性评价研究[J]. 西北地质,2020,53(1):261-268.
- TAO Chunjun, ZHOU Tianjian, ZHANG Furong, et al. Research on soil environmental quality and planting suitability evaluation of Cuilan producing area in Yuexi, Anhui province[J]. Northwestern Geology, 2020, 53 (1):261-268.
- 吴克宁,赵瑞. 土壤质地分类及其在我国应用探讨[J]. 土壤学报,2019,56(1):227-241.
- WU Kening, ZHAO Rui. Soil texture classification and its

application in China[J]. Acta Pedologica Sinica, 2019, 56(1):227-241.

吴文忠, 张晓东, 赵银鑫, 等. 银川市地下空间利用现状、问题与对策建议[J]. 西北地质, 2020, 53(1):205-214.

WU Wenzhong, ZHANG Xiaodong, ZHAO Yinxin, et al. Present situation, problems and countermeasures: a study in utilization of the underground space in Yinchuan city[J]. Northwestern Geology, 2020, 53(1):205-214.

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.

YIN Zhiqiang, QIN Xiaoguang, ZHANG Shuji, et al. Preliminary study on classification and investigation of surface substrate [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2020, 47(6): 8-14.

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, 2020, 7(3):1-12.

YIN Zhiqiang, WEI Xiaofeng, LIU Wenbo, et al. Progress

and main achievements of comprehensive geological survey project of natural resources in Chengde[J]. Geological Survey of China, 2020, 7(3): 1-12.

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[Z]. http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200117_2498071.html. 2020.

Ministry of Natural Resources. Notice of the ministry of natural resources on issuing the overall plan for the construction of the natural resources investigation and monitoring system [Z]. http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200117_2498071.html. 2020.

自然资源部. 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. 2020.

Ministry of Natural Resources. Notice of the general office of the ministry of natural resources printing and distributing the ground cover layer classification scheme (trial) [Z]. http://gi.mnr.gov.cn/202012/t20201222_2596025.html. 2020.

陕西九子沟岩浆型磷矿

成矿区带:北秦岭成矿带(Ⅲ-66A)。建造构造:含矿岩体为九子沟偏碱性基性超基性岩体。岩性为:细粒黑云母透辉石岩,多分布岩体边部,含磷灰石较少(不超过5%);中粒黑云母次透辉石岩,分布于岩体中部,含磷灰石较多(5%~15%),其中在局部为粗粒黑云母次透辉石岩,并出现正长石,磷灰石也更多(15%~30%)。

成矿时代:印支期。岩体锆石 U-Pb 年龄为(232.8±4.3)Ma(据宫相宽等,2016)

成矿组分:磷,(Fe,RE)。

矿床实例:(陕)凤县九子沟磷灰石矿床。

简要特征:矿体严格受岩体控制,磷灰石多呈浸染状分散在黑云母次透辉石岩相。矿石构造为浸染状、团块状。矿石矿物主要为氟磷灰石,次有磁铁矿;脉石矿物主要为次透辉石、黑云母等。矿石 P₂O₅ 品位主要变化于 2.26%~4.46%,矿床 P₂O₅ 平均品位为 3.84%;伴生稀土(RE₂O₃)总量为 0.076%~0.093%,以 La、Ce 为主。磷灰石稀土 RE₂O₃ 含量为 0.684%~1.110%(据陕西省地质调查院,2011)。

成因认识:印支期幔源偏碱性基性超基性岩浆上侵地壳,早期形成边部的细粒黑云母透辉石岩相,晚期形成中部的中粗粒黑云母次透辉石岩,其中磷灰石富集为矿体。

(中国地质调查局西安地质调查中心 杨合群)