

DOI:10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202010065

地表基质分类及调查初步研究

殷志强¹, 秦小光², 张蜀冀³, 卫晓锋⁴, 侯红星³, 何泽新⁴, 鲁敏³

- (1. 中国地质环境监测院, 北京 100081; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;
3. 中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心, 河北 廊坊 065000; 4. 北京矿产地质研究院, 北京 100012)

摘要: 地表基质分类研究是开展地表基质调查的基础, 而厘清地表基质的科学内涵、时空展布特征、支撑服务目标及调查精度等是开展调查的前提条件。文章充分借鉴区域地质、水文地质、工程地质、第四纪地质、环境地质等学科分类和图件表达方式, 综合岩石、砾石、沙、土壤等的物质组成、成因类型、地貌形态和粒度质地等, 初步将地表基质的类型划分为四个层级, 并提出了地表基质层的物质组成、成因属性和研究深度范围, 指出了未来开展地表基质调查和编图的主要方向, 结果为地表基质统一分类体系构建和全国范围开展的地表基质调查提供了参考依据。

关键词: 地表基质层; 地表覆盖层; 风化壳; 调查精度; 分类研究

中图分类号: P962

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2020)06-0008-07

Preliminary study on classification and investigation of surface substrate

YIN Zhiqiang¹, QIN Xiaoguang², ZHANG Shuji³, WEI Xiaofeng⁴, HOU Hongxing³, HE Zexin⁴, LU Min³

- (1. China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China; 2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Science, Beijing 100029, China; 3. Langfang Center of Natural Resources Comprehensive Survey, China Geological Survey, Langfang, Hebei 065000, China;
4. Beijing Institute of Geology for Mineral Resource, Beijing 100012, China)

Abstract: In January 2020, the “General scheme for construction of natural resources survey and monitoring system” was issued by the Ministry of Natural Resources and the concept of the surface substrates layer was proposed. Classification on the surface substrates is a foundation work for carrying out its surveys, and the prerequisites for conducting surface substrates layers survey conclude to clarify the scientific connotation, temporal and spatial distribution characteristics, supporting targets and survey accuracy of surface substrates. In this paper, we fully draw on the classification methods and map expression styles of regional geology, hydrogeology, engineering geology, Quaternary geology, environmental geology, etc., and integrate the material composition, genetic types, landform shapes and grain sizes of rocks, gravel, sand and soil. On the basis of above, the classification of surface substrate is preliminarily divided into four levels, and we also propose the material composition, genetic attributes, and depth range of the surface substrate layers. Finally, the main investigation and mapping directions for future surface substrate layers are pointed out. All these results will provide a basis reference for the unified classification system of surface substrates and national survey conduction.

Keywords: surface substrate layer; surface covered layer; weathering crust; survey accuracy; classification study

收稿日期: 2020-10-28; 修订日期: 2020-10-31

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(DD20190310)

第一作者: 殷志强(1980-), 男, 高级工程师, 主要从事第四纪环境演变研究。E-mail: yinzq@cigem.cn

2020年1月,自然资源部印发《自然资源调查监测体系构建总体方案》(以下简称《总体方案》),构建了自然资源分层分类模型,提出了地表基质层的概念,认为地表基质层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,范围覆盖陆海空间。海岸线向陆一侧(包括各类海岛)分为岩石、砾石、沙和土壤等^[1]。地表基质是《总体方案》提出的新概念,但其实际内容在不同的学科中均有体现,如地质学中称为地表基岩、第四纪沉积物和风化壳,林草学中叫做立地层、立地条件或生境条件,农业领域称为土壤,水文地质学中叫做底质或包气带,工程地质学中认为是岩土层、地基层或持力层等^[2],地球系统科学领域的“地球关键带”等^[3]。《总体方案》提出要查清岩石、砾石、沙地、土壤等地表基质类型、理化性质及地质景观属性等。但关于地表基质详细的分类方案并未提及,由于分类是调查研究的前提,故急需开展地表基质分类研究。笔者在认真研究国内外区域地质、水文地质、工程地质、第四纪地质、环境地质等学科分类和图件表达基础上^[4-6],开展地表基质科学内涵和支撑服务目标探讨,并进行分类方案研究,提出地表基质调查和编图应关注的重点问题,以期为全国范围的地表基质调查提供参考依据。

1 地表基质层的科学内涵

总体方案中指出地表基质层位于地下资源层之上,地表覆盖层之下。因此,其应位于地球表层,是地球关键带的主要载体,也是一个具有穿透性的区域,其空间范围自地面开始,穿过土壤,一直延伸至基岩顶部或包气带的底部,是地球五大圈层相互作用的主要发生区域^[3]。

笔者认为,地表基质层是地球关键带的主要物质组成部分,其包括陆地表层或水体(河湖与海水)底面以下,由自然过程形成的天然岩石、半固结岩石、第四纪沉积物和风化残积物及其在表土母质基础上发育形成的土壤层等,是地表覆盖层和陆表生物圈的载体、表生地质作用影响的地球表层岩土物质层和地球关键带中水气与岩土矿物质、植被根系与土壤微生物等发生能量和元素交换的主要层位,是各种物理和化学风化、土壤形成发育的发生带,也是包气带水气液转换、地球化学循环、碳氮循环、土壤温室气体吸收与生成、盐类物质淋滤淀积、冻土层形成变化、侵蚀与沉积作用的发生地,更是人类土地利用与管理的主要对象。因此,这一区域的地质母质决定了地球关键带各种过程

中生物地球化学及水文循环、能量交换的特点,也决定了地表覆盖层生态系统的本底特征。

地表基质层影响着地表覆盖层(生态系统)的形成演化过程和稳定性,其特征可以用物质组分、母质物源、成因过程、发育时代、空间分布和垂向结构等多种属性来描述刻画。不同特点的地表基质层可以对地表生态环境产生不同的影响,因此查清母岩母质-土壤-植被之间的成生关系,是支撑服务宜林则林、宜草则草、宜耕则耕的生态空间分布适宜性规划和管理的重要基础背景信息。

2 地表基质层的物质组成和厚度

2.1 地表基质层的物质组成与成因属性

地表基质层主要由岩石和第四纪沉积物构成,岩石包括沉积岩、火成岩和变质岩,第四纪沉积物则包括风成的沙漠和黄土、水成的河湖海洋沉积、山区的坡积物、冰碛物和基岩表面风化残积物构成的风化壳。表生地质作用包括风力作用(风蚀和风积)、冰川作用(冰蚀、冰碛)、降雨流水作用(滑坡、泥石流、洪积、冲积、湖积和海相沉积)、重力作用(崩塌和坡积物)、蒸发作用(盐碱、盐壳、钙华)、物理风化作用、化学风化作用(风化残积)、成壤作用(土壤)、淋滤淀积作用(钙结核)、潜育化作用、生物作用等(图1)。

2.2 地表基质层的厚度

地表基质层的顶面为地面,底界理论上应是表生地质作用能够到达的下限深度,然而这个深度因地而异,很难在基础地质调查中准确厘定,因此更多根据支撑服务生态安全和粮食安全的目标不同,综合考虑以下几方面信息来确定地表基质层的底界:

- (1) 风化为主的表生地质作用能够到达的下限深度;
- (2) 近地表最深植被根系能够达到的深度;
- (3) 浅层地下水位波动下限或基岩的不规则顶面;
- (4) 最后结合当前人类和生物生活(采矿等特殊活动除外)能够影响的深度。

另外,由于地表基质层也是建筑工程的载体,因此城市工程要求的勘探深度决定了地表基质层调查深度的下限,但本文暂不考虑工程建设深度,仅从支撑服务生态和耕地两个角度考虑。

调查深度根据不同沉积物区应有差异,如第四系覆盖层区以30 m以浅为主,因为大多数植被根系能达到的最大深度约20 m以浅,如西北内陆干旱区民勤沙

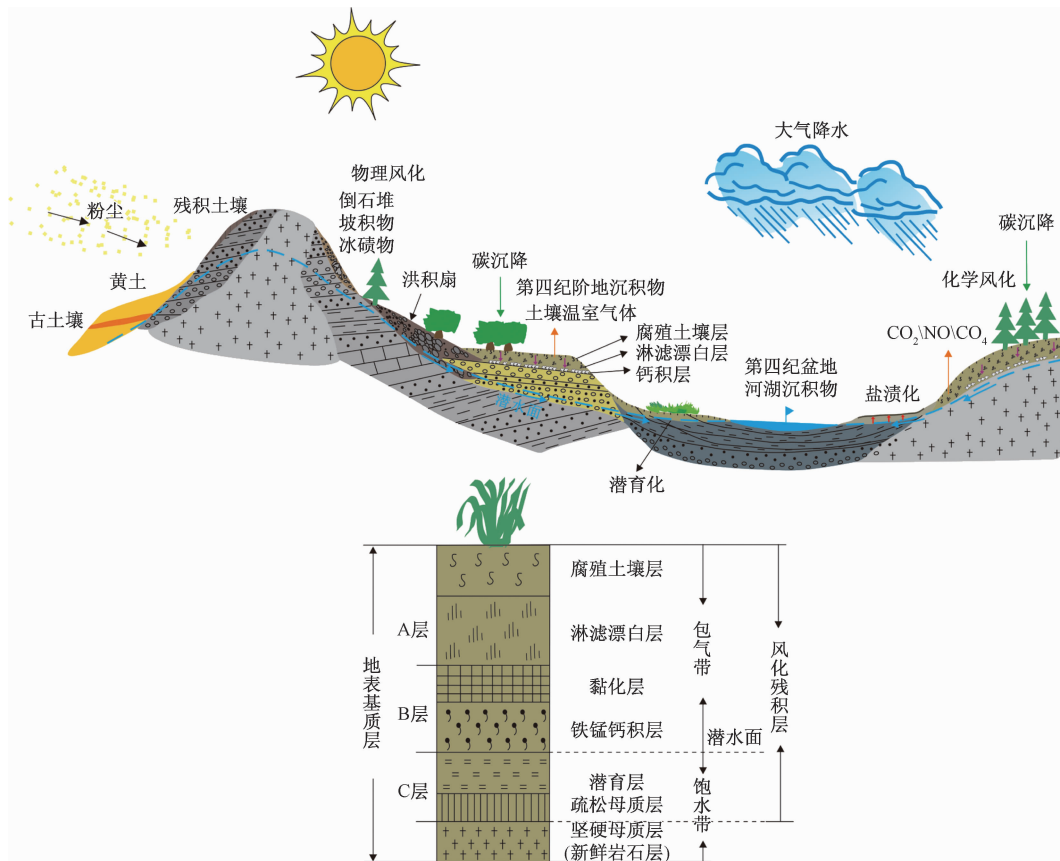


图1 地表基质的空间展布及表生地质作用特征

Fig.1 Spatial distribution characteristics and supragenetic geological processes of the surface matrix

枣树的根最深约为 20 m(与中国林业科学研究院王兵研究员交流获得),地表变温层(冻土层)和松散沉积物深度以 30 m 以浅为主,土壤耕作层和土壤中主要微生物活动范围不超过 5 m;基岩山区以揭示新鲜基岩面出露深度向下 5 m 左右;坑塘湖泊水底面向下 10 m 左右。

3 地表基质分类原则及分类方案

3.1 《总体方案》中关于地表基质分类

《总体方案》中将陆地一侧的地表基质分为岩石、砾石、沙、土壤等,这种分类主要是按照基质结构和颗粒特征的物理特性来划分的,虽然突出了最主要的物性特征,但也有不足之处:(1)涵盖不全,还有盐碱盐壳等化学沉积、风化壳等基质类型;(2)难以填图,沉积物的粒度常常是过渡的,只有大量采样测量才可能得到沉积物的粒度分布,而且粒度相同的沉积物可能化学性质存在明显差异;(3)沉积物通常是混杂堆积,有粗有细,砾石之间也会有细沙和黏土,只是含量的优势组分可能表现为砾、沙、黏土等;(4)未体现沉积物成因,实际上,相同成因的沉积物,虽然粒度特征可能

会出现差异,但却常常具有相同的物源和相似的成分构成,对地表覆盖层和生态系统具有相似的母质影响。

3.2 地表基质分类原则

(1)吸收借鉴相关学科领域分类标准,分类保持科学性,同时着眼于当前自然资源调查监测工作需要,避免交叉重复。

(2)从自然生态系统演替规律和各种地球关键带过程的内在机理出发,体现地表基质的发育、演化的逻辑关系,具有成因和空间联系、分布一致性。

(3)野外调查具有可操作性,要实用,类型定义通俗易懂,层级不宜过多。

3.3 地表基质初步分类方案

地表基质调查需要查清基质的类型、理化性质及地质景观属性。因此需要从这三个方面考虑分类体系,并以此形成地表基质层填图规范。关于基质分类,总体上可按物质组成、成因类型、地貌形态、粒度质地等进行划分。

笔者对地表基质提出四级分类方案。一级分类主要根据地表基质在陆地和海底的物质组成为基岩和松散沉(堆)积物两大类。松散沉(堆)积物是地表基

质层最重要的组成部分,也是生态系统赖以承载的母质和农作物耕种的土壤母质,必须得到足够重视。

二级类型:在一级分类基础上,根据成因类型将基岩和松散沉(堆)积物分别划分为 13 个二级类。其中基岩根据岩石建造类型又分为岩浆岩建造、变质岩建造和沉积岩建造,每一个建造类型下又可借用工程地质岩组单元划分的类似方法进行细分。沉积物的二级类根据成因可分为陆相沉积、海陆交互相沉积和海相沉积等,并根据水、风、冰、重力、风化、化学等成因细分。

三级类型:在二级分类基础上,根据地貌形态和景观特征,每一个二级类再细分为多个三级类(图 2)。对于基岩就是依据岩石的裸露程度或/和风化壳类型进行划分;对于第四纪沉积物,如河流冲积物,可再细分为多级阶地或河床相、河漫滩相,湖泊沉积可细分为湖心、湖滨和湖心-湖滨过渡相,风成沉积细分为风砾、风沙、风成黄土,洪积扇细分为扇根、扇中、扇缘,冲积平原(扇)细分为冲刷区、沙砾石覆盖区等,化学沉积可细分出盐类沉积、盐碱化、碳酸盐台地等等。冰碛物由于为冻原地带,生态系统相对简单,可以简化。

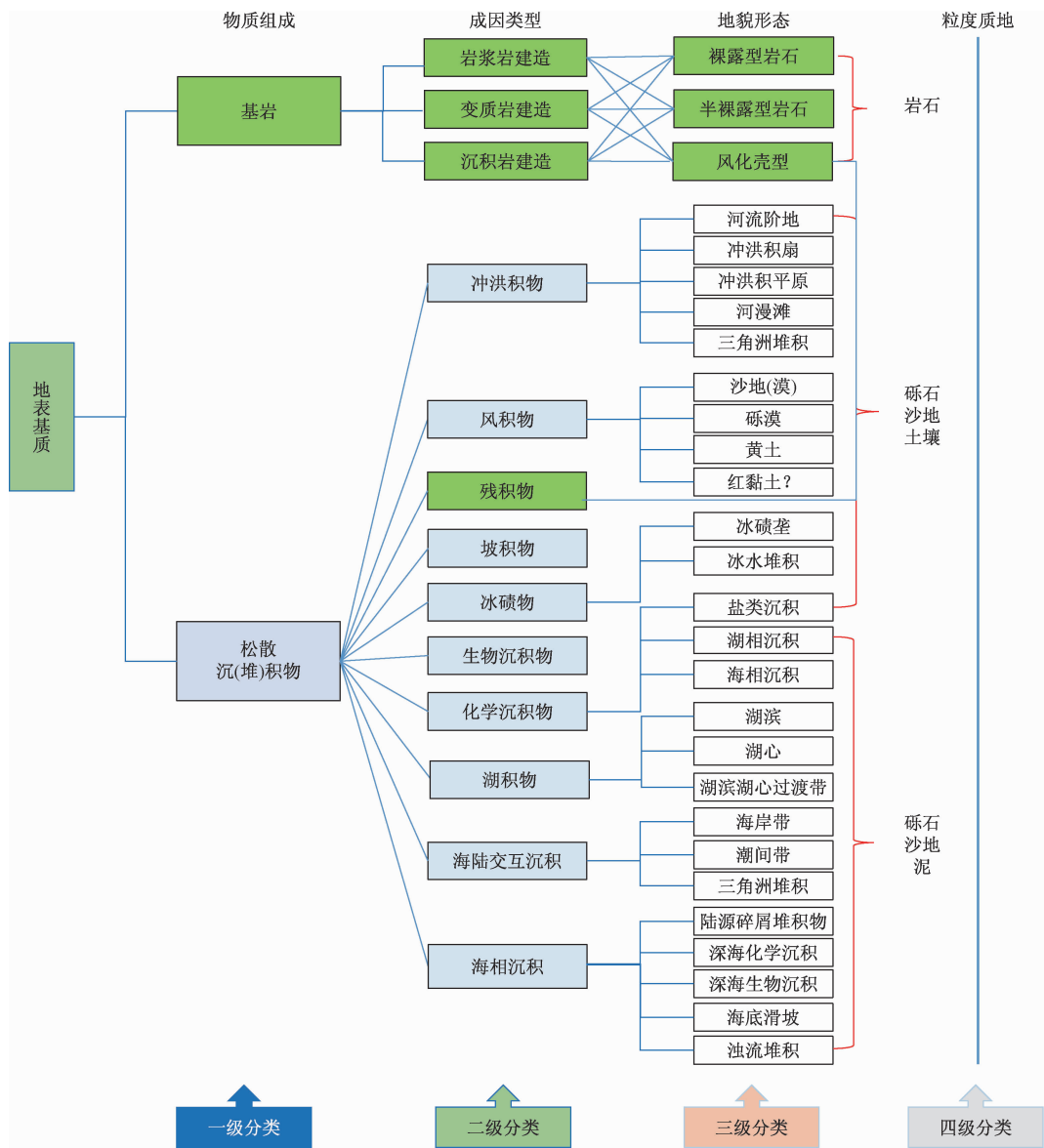


图 2 地表基质分类基本框架

Fig. 2 Basic framework of the classification on surface matrix

四级分类:在三级分类基础上,再依据沉积物的粒 度质地特征进一步细化,如按砾、粗沙、中细沙、粉沙、

黏土等级别^[7-8],可命名为粗沙冲积物、黏土湖心相沉积物等。

需要说明的是:

(1)新近系半固结成岩地层介于岩石和松散沉积物之间,统一归入基岩类型;

(2)化学沉积:陆上的钙华、石膏、盐碱都是,水下的也有石盐、碳酸盐、石膏等,标准里面不用细分,具体填图时根据化学沉积类型再分即可;

(3)一般来说,同一成因的沉积物类型具有相同的物源、相近的物质组成,但同一成因的沉积物可能因为沉积分选而出现理化性质的分异,如坡积物顶部颗粒细、底部粗,河流沉积物河道粗、漫滩细等,在填图时应充分考虑差异性;

(4)由于土壤是地表基质重要的组成部分,应在地表基质填图时,根据土壤质地、有机质含量和成壤程度对土壤层进行单独成图。

4 地表基质层调查初步考虑

4.1 地表基质层调查目标

地质基质层作为支撑地表覆盖层的母质基础,其调查是一项专业性很强的基础性地质调查工作,因此如同标准图幅的地质填图工作一样,也应有一项以地表基质层为对象的标准图幅填图工作,并作为国土空间规划和生态系统修复的重要基础性资料。

因此,地表基质调查应瞄准国家生态文明建设中的生态安全和粮食安全两大主题,面向自然资源部履行国土空间规划、用途管制和生态保护修复等核心职责,以自然资源科学和地球系统科学为指导,开展不同地貌单元、重点生态功能区等地地表基质层调查。一是调查陆地与海洋地表基质类型,形成较完善的地表基质统一分类标准和全国自然资源地表基质调查数据库;二是调查不同类型地表基质的物质组成、理化性质、剖面结构特征与景观属性,构建地表基质的时空属性模型和指标体系;三是查清不同生态功能区 and 重要流域区地表基质的数量、质量、生态特征和开发利用现状,建立地表基质调查工作流程和技术方法;四是调查地表基质的区域时空展布规律及与地表覆盖层的控制关系,编制不同尺度的地表基质调查基础图件。

4.2 地表基质层调查精度

地表基质层是地表覆盖层(生态系统)的主要载体,影响地表生态系统的稳定性和演化过程。依据全国生态格局和流域单元,初步可考虑按照1:25万和1:5万两个尺度开展野外调查和填图工作。

(1)1:25万尺度地表基质调查

以全国及长江经济带、黄河流域、青藏高原、内蒙古高原、海岸带、东北黑土区等重要流域和生态功能区为重点,基于已有的区域地质、第四纪地质、水文地质、工程地质、土壤质地等调查成果和相关基础图件,按照1:25万基本比例尺,对多年积累的多要素自然资源与环境调查、监测、评价和区划数据进行三维空间的归一化整编改化,适当补充开展空白区地表基质调查,查明不同地貌类型区地表基质的基本类型、空间分布和理化性质,探索建立自然资源地表基质概念模型,形成较完善的地表基质统一分类标准,构建合理的地表基质调查指标体系,形成全国和重点地区(流域)1:25万地表基质调查“一张图”数据库。

1:25万地表基质调查填图,以地质建造分析和数字高程模型(DEM)数字分析为基础,结合遥感解译对第四纪沉积物和基岩等主要基质层单元划分结果进行必要的验证,强调地质建造和大尺度地貌格局对区域生态格局的影响。

(2)1:5万尺度地表基质调查

以典型小流域地貌单元或县、乡级行政尺度为靶区,适当补充实物工作量,部署开展1:5万尺度、地上地下统筹考虑、数量质量生态“三位一体”的地表基质调查试点示范,构建适用于全国不同地形地貌单元的地表基质层调查工作流程,建立地表基质调查工作方法,形成自然资源地表基质层调查技术系列规范。

1:5万地表基质调查填图,以地质建造、数字地貌、第四纪沉积物类型(风化壳)划分为基础,强调岩性建造、第四纪沉积物、中尺度地貌对生态景观格局的影响,按照基岩区和第四纪沉积区针对性开展基质层划分,基岩区根据不同岩性和残积、坡积组合构成地表基质层单元;第四纪河谷区根据数字地貌分析、遥感解译和野外路线调查划分第四纪地质单元,以之作为第四纪河谷区地表基质层单元。在1:5万基础上,对于关键性小流域单元,建议开展1:1万尺度地表基质调查,以地质建造、数字地貌、沉积物类型和关键带结构为基础,强调关键带结构、微地貌类型对生态格局的影响,侧重地球多圈层不同界面相互作用过程的研究和浅层三维模型的构建。

5 地表基质层调查的主要方向

5.1 地表基质层与地表覆盖层的约束关系调查

地表基质层是地表覆盖层的主要载体,提供了地表覆盖层生长发育的基础母质。地表覆盖层是外营

力主导的表生作用的发生地,其与地表基质层之间存在能量和物质交换,与浅层地下水和大气之间存在水热交换,因此,地表基质层与地表覆盖层之间存在紧密联系,开展地表基质与森林、草原、湿地等自然资源相互关系调查,评价全国、大流域和重点地区地表基质类型宜林、宜草、宜耕生态功能和适宜性^[9-10],有助于从空间格局演变和地质剖面结构两个层次厘清地表基质与自然资源和生态环境的相关作用关系,科学划定宜林则林、宜草则草、宜耕则耕的适宜区域,更好地支撑服务不同尺度的国土空间规划落地和生态修复科学实施。

联系地表基质层与地表覆盖层的一个重要要素就是土壤层,所谓土壤就是支持植被生长的松散土层。因此开展土壤调查应该是地表基质层调查的重要内容之一,而基于质地和成壤程度的土壤调查是凸显地表基质层母质贡献的切入点。

5.2 基岩山区风化壳精细化调查

基岩风化壳是地壳表层在风化和水流作用下,在基岩顶部形成薄的残积物外层,它不连续地覆盖于基岩之上。基岩风化壳是山区水土流失和地质灾害防治、高标准农田整治、梯田修建的物质基础,不同类型的岩石风化后形成元素差异明显、地貌形态特征各异的风化壳。由于我国平原和浅山区已进行了不同程度的开发建设,为实现农田占优补优,笔者认为坡度较缓的基岩风化壳是未来可考虑的方向,而基岩风化壳的厚度、理化性质、剥蚀过程等是地表基质调查的重要内容。通过剖面露头、物探、钻探等揭示风化壳的剖面结构和厚度,制作风化壳厚度分布图(等厚线),揭示土壤层、残积层、风化层和下部基岩的元素迁移转化关系。另外南北方的风化壳发育具有较大的差异,可针对当地的风化壳类型确定能显示地域特点的风化壳,进而提出分类方案。

5.3 地表基质层填图深度剖面 and 地表单元间关系

笔者初步提出的地表基质的调查深度为 30 m,那么在 30 m 的深度范围内,地表基质层的岩土体性质可能会发生变化,因此,需要通过露头剖面、工程浅钻、探槽等揭示的地表基质剖面特征,在地表基质图上通过柱状剖面图的形式充分反映出来。在图 2 框架中的三级和四级分类确定的填图单元中,建议单块面积超过规定大小的填图单元内增加一个地表基质柱状剖面图,以便揭示地表基质厚度的变化。

6 结论

文章在充分吸收借鉴区域地质、工程地质、第四纪

地质、水文地质等调查和填图的基础上,研究了地表基质的物质组成、成因属性和分类方法,提出了开展地表基质调查应关注的重点问题,取得主要认识:

(1)地表基质层决定了地表覆盖层生态系统的本底特征,是支撑服务宜林则林、宜草则草、宜耕则耕的生态空间分布适宜性规划和管理的重要基础背景信息。

(2)根据地表基质层的物质组成与成因属性分析结果,提出地表基质层调查的厚度以 30 m 以浅为主。

(3)根据地表基质的物质组成、成因类型、地貌形态、粒度质地等原则,初步提出了地表基质的四级分类方法。

(4)指出地表基质层调查的支撑目标和应开展的调查精度,建议未来应加强地表基质层与地表覆盖层的约束关系和基岩山区风化壳精细化调查。

由于地表基质这个概念是 2020 年 1 月份首次提出,其科学内涵和分类方法尚在探讨和完善中,本文旨在提出了笔者对此问题的一些初步思考建议,后续将根据全国不同地区的地表基质调查试点成果进一步修改完善。

参考文献 (References):

- [1] 自然资源部. 自然资源调查监测体系构建总体方案[Z]. 2020. [Ministry of Natural Resources. General scheme for construction of natural resources survey and monitoring system[Z]. 2020. (in Chinese)]
- [2] 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):4-11. [GE L S, YANG G C. A new field of natural resources survey and monitoring: surface substrate survey[J]. Natural Resources Economics of China, 2020(9):4-11. (in Chinese)]
- [3] 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 P J, ZHANG Z Q, WANG L W. Review of earth critical zone research[J]. Advances in Earth Science, 2016, 31(12):1228-1234. (in Chinese)]
- [4] 陈彦培,张健康,董华,等. 中国水文地质图(1:500万)[M]. 北京:地质出版社,2018. [CHEN Y P, ZHANG J K, DONG H, et al. Hydrological map of China (1:5 000 000)[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2018. (in Chinese)]
- [5] 任国林. 中国工程地质图(1:500万)[M]. 北京:中国地图出版社,1990. [REN G L. Engineering

- geologic map of China (1:5 000 000) [M]. Beijing: Sinomap Press, 1990. (in Chinese)]
- [6] 张宗祜. 中华人民共和国及其毗邻海区第四纪地质图(1:250 万) [M]. 北京: 中国地图出版社, 1990. [ZHANG Z H. Quaternary geological map of the People's Republic of China and its adjacent sea area (1:2 500 000) [M]. Beijing: Sinomap Press, 1990. (in Chinese)]
- [7] 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, 59(1):227-237. [WU K N, ZHAO R. Soil texture classification and its application in China [J]. Acta Pedologica Sinica, 2019, 59(1):227-237. (in Chinese)]
- [8] 曹伯勋. 地貌学及第四纪地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995: 7-12. [CAO B X. Geomorphology and Quaternary geology [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1995:7-12. (in Chinese)]
- [9] 殷志强, 卫晓锋, 刘文波, 等. 承德市生态文明示范区综合地质调查实施方案(2019—2025) [R]. 北京: 中国地质环境监测院, 2020: 1-49. [YIN Z Q, WEI X F, LIU W B, et al. Implementation plan of comprehensive geological survey in ecological civilization demonstration zone of Chengde City (2019—2025) [R]. Beijing: China Institute of Geo-Environment Monitoring, 2020: 1-49. (in Chinese)]
- [10] 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 Z Q, WEI X F, LIU W B, et al. Progresses and main achievements of comprehensive geological survey project of natural resources in Chengde [J]. Geological Survey of China, 2020, 7(3): 1-12. (in Chinese)]