

地表基质综合调查：内涵、分层、填图与支撑目标

殷志强, 陈自然, 李霞, 卫晓锋, 邵海

Connotation, layering, mapping and supporting objectives of the integrated survey of ground substrates

YIN Zhiqiang, CHEN Ziran, LI Xia, WEI Xiaofeng, and SHAO Hai

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202205004>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

地表基质分类及调查初步研究

Preliminary study on classification and investigation of surface substrate

殷志强, 秦小光, 张蜀冀, 卫晓锋, 侯红星, 何泽新, 鲁敏 水文地质工程地质. 2020, 47(6): 8-14

学理与法理和管理相结合的自然资源分类刍议

A discussion of the classification of natural resources based on the combination of academic-legal principles and management

郝爱兵, 殷志强, 彭令, 杨贵才, 李展辉, 赵伟 水文地质工程地质. 2020, 47(6): 1-7

基于层次聚类算法的孔压静力触探土体分类方法及试验研究

Soil classification method and experimental research on CPTU based on the hierarchical clustering algorithm

邱敏, 宋友建, 丛璐, 梅年峰, 王闫超 水文地质工程地质. 2019, 46(3): 117-117

基于滑坡分类的西宁市滑坡易发性评价

Landslide susceptibility assessment in Xining based on landslide classification

孙长明, 马润勇, 尚合欣, 谢文波, 李焱, 刘义, 王彪, 王思源 水文地质工程地质. 2020, 47(3): 173-181

河北平原隆尧地裂缝成因机理与模式研究

A study of the genesis mechanism and model of Longyao ground fissures in Hebei plain

吴玉涛, 杨为民, 周俊杰, 于鸿坤, 李晓乐, 张田田, 万飞鹏 水文地质工程地质. 2020, 47(5): 169-178

软土地区双线区间盾构隧道施工对周边地表以及建筑物沉降的影响

Influences of double-track shield tunnel construction on settlements of adjacent ground and buildings in a soft soil area

潘涛 水文地质工程地质. 2022, 49(1): 101-108



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202205004

殷志强, 陈自然, 李霞, 等. 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, 2023, 50(1): 144-151.
YIN Zhiqiang, CHEN Ziran, LI Xia, *et al.* Connotation, layering, mapping and supporting objectives of the integrated survey of ground substrates[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2023, 50(1): 144-151.

地表基质综合调查: 内涵、分层、填图与支撑目标

殷志强¹, 陈自然², 李霞¹, 卫晓锋³, 邵海¹

(1. 中国地质环境监测院, 北京 100081; 2. 北京矿产地质研究院有限责任公司, 北京 100012;
3. 中色紫金地质勘查(北京)有限责任公司, 北京 100012)

摘要: 地表基质综合调查评价是支撑自然资源管理和服务宜林宜草、宜耕宜荒的基础性工作。关于地表基质综合调查的理论基础、目标定位、科学内涵、填图方法及分类分层等是目前探索的焦点与热点。文章在近年来承德生态文明示范区地表基质综合调查与多尺度填图的基础上, 结合全国不同典型地区地表基质调查研究试点工作, 进一步厘清了地表基质的科学内涵与支撑服务目标, 建立了地表基质第三级分类方案和填图单元及命名方式, 提出了地表基质调查中生产层、生态层和生活层的深度范围, 最后从支撑塞罕坝地区植树造林和坝上地区狼毒草生态防治两个案例揭示了地表基质对植被群落的约束作用。研究成果可为深入理解地表基质的科学意义和开展全国范围的地表基质调查、监测、评价、区划提供基础参考。

关键词: 地表基质; 理论内涵; 综合调查; 编图; 自然资源

中图分类号: X141

文献标志码: A

文章编号: 1000-3665(2023)01-0144-08

Connotation, layering, mapping and supporting objectives of the integrated survey of ground substrates

YIN Zhiqiang¹, CHEN Ziran², LI Xia¹, WEI Xiaofeng³, SHAO Hai¹

(1. *China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China*; 2. *Beijing Institute of Geology for Mineral Resource Co. Ltd., Beijing 100012, China*; 3. *Sino-Zijin Resources Ltd., Beijing 100012, China*)

Abstract: Comprehensive investigation and evaluation of ground substrate is the fundamental work to support suitable forest, grass, farming and wasteland. The guiding theory, target positioning, scientific connotation and mapping unit of comprehensive investigation of ground substrate are the focus and hotspot of current scientific issues. In this paper, based on the comprehensive survey and multi-scale mapping of ground substrate in Chengde Ecological Civilization Demonstration Area in recent years, and combined with the pilot practices of ground substrate survey in different regions, we further clarify the scientific connotation and supporting service objectives of ground substrate, establish the fourth-level classification scheme, mapping unit and naming convention, and proposed the depths range of the production layer, ecological layer and living layer of ground substrate. Finally we take two cases of afforestation and grass degeneration in the Bashang region as examples to reveal the constraining effect of ground substrate on vegetation community. All the above research results will provide a fundamental reference for understanding in-depth of the scientific significance of ground substrate and implementation of

收稿日期: 2022-05-02; 修订日期: 2022-08-28

投稿网址: www.swdkgcdz.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(41977258); 中国地质调查局地质调查项目(DD20221761)

第一作者: 殷志强(1980-), 男, 博士, 正高级工程师, 主要从事第四纪环境演变与地表基质研究。E-mail: yinzhiqiang@mail.cgs.gov.cn

survey, monitoring, evaluation and zoning of ground substrate in China.

Keywords: ground substrate; theoretical connotation; integrated survey; mapping; natural resources

地表基质是地球表层孕育和支撑森林、草原、水、湿地等各类资源的基础物质^[1],也是地球关键带的主要载体^[2-6]和浅山区流域尺度表层岩土体调查、监测、支撑服务国土空间生态环境保护修复的“主战场”^[7],其对于认识表层地球关键带结构特征及其土壤透气性、水文连通机制等具有重要意义^[8]。

近年来,多位专家学者围绕地表基质分类及调查与编图开展了大量探索性研究工作,初步构建了地表基质三级分类体系,建立了要素与属性调查指标体系,完成了不同尺度的地表基质编图试点^[9-15]。如葛良胜等^[10]提出地表基质调查是自然资源调查监测工作新领域;殷志强等^[11-12]开展了地表基质的三级分类研究,并初步提出了地表基质调查的支撑服务目标;侯红星等^[13-14]在保定试点基础上,提出了地表基质层调查的技术方法、主要内容及要素-属性指标体系。进一步研究发现在相同或者相似的微环境或者生境空间内,气温和降雨等气候条件很难解释不同的植物群落组成差异与共存现象,地表基质层时空差异对局地生态系统空间布局具有决定性影响^[16-18]。

由于地表基质包括的内容丰富,在植被群落保护、农业生产、土壤多样性调查等不同领域应用广泛,尚未取得一致认识,主要表现在:如何在保证科学性前提下构建地表基质的分类体系和标准?不同比例尺的图面如何表达?调查监测的地表基质核心要素指标有哪些?等等。2020年笔者发表的《地表基质分类及调查初步研究》^[11]初步探讨了地表基质的科学内涵、三级分类、支撑服务目标、调查与编图应关注的重点问题等。2021年以来,笔者在承德生态文明示范区地表基质调查和编图的基础上,结合东北黑土地、北京、河北、江苏等不同地区地表基质调查试点工作,进一步厘清了地表基质的科学内涵和支撑服务目标,完善了地表基质统一分类方案和调查深度分层等内容,以期为全国范围内的地表基质调查与编图提供参考。

1 地表基质调查的理论、定位与内涵

1.1 地表基质调查理论基础

地表基质调查是一项服务于生态文明建设的科学性和公益性综合地质调查工作(有别于土壤普查),需要以地球系统科学理论为指导,从地质本身出发,

坚持大生态观和大系统观,将地表基质与自然资源和生态环境紧密联系(图1),查清、填绘岩石和表层沉积物的物质组成、空间范围、厚度、理化性质等属性,描述其自然性质、表现行为及其对生态环境的约束影响。

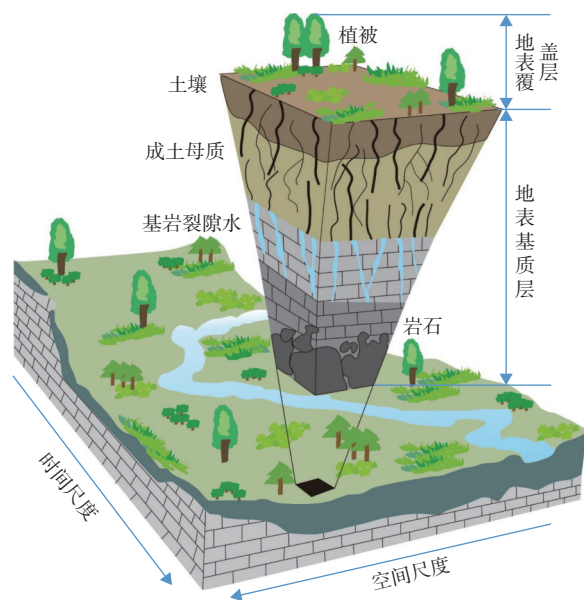


图1 地表基质层位置及剖面结构图(据文献[19],有修改)

Fig. 1 Cross-sectional structure of the ground substrate layer (modified after Ref. [19])

地表基质的理化性质指标是多门类自然资源之间相互作用和密切联系的纽带,是“山水林田湖草沙”生命共同体的形成基础,地表基质研究强调的是其自然属性和生态属性,需要回归自然本源。在第三次全国国土调查的基础上,研究植被覆盖层下部的土壤、风化壳及包气带中水、气、元素的迁移和交换等,查清地表基质与林草生态植被的协同适宜性,纠正目前部分地区地表基质层与覆盖层不匹配、土地利用错位问题,实现调查成果的“一查多用”,支撑服务粮食生产(耕地占补平衡、耕地后备资源潜力区评价,国土整治等)、科学绿化(生态修复)、地质安全(城市建设区沙土液化、山区滑坡崩塌泥石流等地质灾害防治)、承载力评价与适宜性区划、碳储碳汇评估以及表层地球科学演化研究等。

1.2 地表基质调查目标定位

通过地表基质调查,查清全国地表基质的类型、分布范围、厚度、剖面结构、理化性质、孔隙度、生态特征及分布规律等属性,掌握地表基质层中水汽和关

键养分元素的动态变化,根据地表基质的地质成因,分析地表基质演化规律及其对表生过程和多圈层相互作用的影响和响应。

现阶段是地表基质的概念内涵、三级分类体系和调查编图等技术方法的探索阶段,迫切需要结合已有的基础地质调查工作,率先开展华北山前平原区、长三角沿江地区、西北黄土沙漠过渡区、东北黑土地典型发育区、福建海南等南方强风化区和承德等农牧过渡带地区的地表基质层试点调查,形成陆域与海岸带,地上与地下,山区、丘陵与盆地、平原,河流与湖泊,沙漠与戈壁等不同区域的地表基质调查工作模式和技术方法。如通过对东北黑土地贯穿不同气候、地貌、景观、植被区的典型剖面调查,分析黑土地关键带的生态地质特征,系统揭示黑土地资源数量、质量、生态和结构的变化趋势,提出黑土地变薄、变瘦和变硬的地球系统科学解决方案。

1.3 地表基质约束植被群落的科学内涵

地表基质是表生地质作用的主要载体,也是各种物理和化学风化、土壤形成发育的发生带^[20],更是人类土地利用与管理的主要对象。地表基质是林草植被孕育和生长的基础,并影响着生态环境的形成演化过程和稳定性。不同的地表基质类型孕育了不同的生态系统和植被类型,决定着林草生态要素孕育的本底特征,制约着生态要素的空间格局和演化趋势。如承德的板栗、山楂等的果实籽粒对基岩-风化壳-土壤中富集的有益、有害元素有很好的响应关系^[16]。

不同地质成因的地表基质类型具有不同的沉积构造、分层结构、厚度、孔隙度、岩性等理化性质,直接影响表土的地气和水分交换、微生物群落类型和有机质组成,为植被提供不同的营养和有害成分。同一气候条件下,不同的地表基质类型区生长有不同的植被群落类型和覆盖密度,地表基质对植被类型及组合有明显影响。基质内含有的营养元素将促进植被生长,如花岗岩和玄武岩矿物类型丰富,风化壳在成壤化过程中富集了较多的营养成分,基质区适宜生长乔木;而砂岩和粉砂岩风化壳区由于颗粒小且致密,风化壳因矿物相对单一而缺乏足够的营养元素,基质区的植被类型往往以草本和灌木为主。因此,地表基质异质性直接影响着植被的类型和空间展布格局。

2 地表基质分类及综合调查

2.1 地表基质分类

《地表基质分类方案(试行)》^[21]根据粒径、质地、

组成、成因等把地表基质划分为 4 个一级类和 14 个二级类,但方案存在类型划分标准不统一、地质含义不明确、缺少科学性等问题,造成实际地表基质填图中难以操作、生态修复和经济建设中无法落地的窘境。笔者根据承德市地表基质调查研究实际案例,提出了地表基质的三级分类方案。

关于地表基质三级分类,笔者根据承德市地表基质编图实践,建议在物质组成、成因类型、地貌形态、粒级、厚度、有机质等基础上,岩石以成因类型+地貌形态+粒级等进行命名,如岩浆岩半裸露型岩石、岩浆岩残积粗粒,还可以在岩性前面加限定修饰词;第四系松散沉积物增加成因质地(反映原生沉积环境)进行命名,命名方式可采用成因类型(地貌形态)+粒级(质地),如冲洪积扇(alluvial fan)粗砾(gravel)(Q_{a-g})。实际编图中可用花纹表示成因类型(或地貌形态),颜色表示粒级(质地)。对于一定深度的地表基质,通过地质剖面图展示其分层特征,标出不同深度的岩性及其厚度。

理论上地表基质应该是陆域和海域全覆盖。按照地表基质的原始定义,自然成因的基础物质才属于地表基质类型。但随着人类活动增加,按现实情况和治理需要,人工填埋物已经不可忽视,占地表很大比重,尤其是在人群密集的工业区、城市、村落,因此建议把人工填埋物作为一个独立的地表基质类型划分出来。当人工填土厚度大于 1 m 时,单独在地表基质剖面图顶部画出人工填土层的厚度,在平面图上用人工填土符号表示。

2.2 地表基质综合调查内容

地表基质综合调查包括调查、监测、评价、区划等内容。重点是以地球多圈层相互作用为主线,调查监测圈层之间相互作用的有联系的那些关键指标。在调查之前,需要根据地貌、气候、地质等对调查地域进行分区,根据地表基质在地球表层的分布特征,可分为基岩裸露区、半裸露区和风化壳区,平原盆地(含高原)第四纪沉积区、人工填土堆积区(建筑覆盖区、垃圾场等)和水域等。

2.2.1 地表基质调查

重点开展地表基质层的垂向结构(母岩-母质-土壤-植被中的类型、质地、含水率、有机质含量等)、地表地形地貌(山地-山前过渡带-阶地-平原-湖沼)及其物质运移方式(河流、湖泊、风力、地下水、包气带水等的下渗、蒸发、淀积等物质搬运表现)、地表基质的本底特征和理化性质、土地开发利用情况和土地、生

态保护现状等调查,同时还要兼顾岩石的矿物组成对表生地质作用的影响调查,如花岗岩区与砂岩区植被不一样,原因是母岩对土壤性质的控制作用及对资源环境禀赋的影响有差异。

在承德地表基质调查过程中发现,山区和平原区地表基质调查的侧重点有所不同。由于山区的山坡上主要为基岩风化壳和残坡积物,且河谷区第四系沉积物面积较小,因此,从支撑服务植被群落的角度,主要调查风化壳和残坡积物厚度、沙砾混杂程度指标;而平原区(高原区)的土壤母质主要为第四系冲洪积物或风成沉积物,且主要服务于农业生产,需着重调查地表基质的成因(风成沙或黄土、河流阶地或滩涂)、厚度、有机质、容重等指标。

2.2.2 地表基质监测

重点是地表基质与母岩-母质-土壤-植被关系,监测地表基质不同层位厚度、温度、地下水位、土壤含水率及有机质等趋势变化。监测的具体内容需要根据监测目的进行部署,比如含水率监测是为了评价包气带水的来源和迁移方式,昼夜地温变化监测是为了评价包气带水的凝结贡献、冰川冻土地温监测是为了计算消融量等。

2.2.3 地表基质评价

开展地表基质的宜林则林、宜草则草、宜耕则耕、宜荒则荒等地质生态适宜性评价,重点评价风化壳、盐碱地、沙地、裸地等对生态和农业的综合潜力和宜林、宜草、宜耕、宜荒的地表基质类型。

2.2.4 地表基质区划

在气候-地貌分区基础上,开展地表基质区划。根据地表基质成因类型编制等厚线图、地表基质层与地表覆盖层耦合关系图、地表基质区划图等。

2.3 地表基质调查分层

在查清地表基质区域尺度基岩风化壳、风成沉积物、水成沉积物平面异质性的基础上,利用野外露头观测,剖面测量(横向和垂向),物探、工程地质钻探(背包钻)、微动、探槽等山地工程,土壤、水等物理参数快速监测、古环境古地理演化代用指标及年代学样品采集测试等手段,对岩石与第四系沉积物的厚度进行分层,进而部署相应的调查手段和调查任务。根据地表基质垂向支撑的内容不同,分为生产层、生态层和生活层。

2.3.1 生产层

调查深度一般为0~1 m,最深为2 m,主要支撑农作物种植和农业生产。调查深度确定为1 m的理由是

一般农作物根系的深度在1 m以内(主要集中在20~30 cm),少数作物最大根系深度可达2 m(如玉米)。这一层主要是耕地的土壤层或耕作层,也是土壤微生物的主要活动层位,由于主要支撑粮食生产,故命名为生产层。建议同一种土壤类型单元部署一个控制性调查点,因为这一层与农业生产密切相关,从粮食安全的角度出发,需要开展常规定期监测,强化管控。

2.3.2 生态层

调查深度一般为0~5 m,最深为20 m,主要服务植被群落科学绿化。调查深度确定为20 m以浅的理由是大多数植被的根系最大深度为20 m,如西北地区民勤盆地的沙枣树。这一层是地下水与林草湿等植被群落的物质和能量交换层位,主要支撑植被群落生长和演替,故命名为生态层。建议同一类地层单元部署一个地质钻孔或露头剖面,调查精度相对较低,需要开展长期观测,提高地质与生态制约的认知水平。

2.3.3 生活层

调查深度为0~50 m,主要支撑城市规划建设。调查深度确定的理由是城市空间向下开发的深度一般约50 m。这一层主要是人类利用地下空间生产生活的层位,如城市地铁或建筑地下空间,故命名为生活层。生活层是地表基质层形成演化、沙土液化、滑坡松散堆积物等研究(年代学、沉积古环境、三维立体模型)的主要层位,需要在典型微地貌区部署垂向钻探或横向地质剖面,通过精细探测,获取三维立体剖面结构,解析地表深部50 m以浅地质演化信息,揭示自然资源赋存的地质背景和表生地质作用过程。

3 柴白河流域地表基质填图

3.1 柴白河流域地质概况

笔者以承德市的柴白河流域为例,研究野外地表基质调查的深度。柴白河流域位于承德盆地南缘,流域面积为481.98 km²。出露地层主要为中元古代蓟县群的雾迷山组和少量长城群高于庄组的泥晶白云岩、砂质白云岩、粉晶白云岩等,分布于柴白河流域的南部地区;侏罗纪后城组第二、三岩性段的砂岩、粉砂夹泥岩、透镜状砾岩,分布于柴白河流域东北部地区;侏罗纪张家口组的流纹质火山碎屑岩,分布于柴白河流域北部地区,呈断层接触关系,岩浆岩主要为侏罗纪中细粒二长花岗岩,分布于柴白河流域西北部地区。

3.2 地表基质填图单元厚度确定

野外调查发现,山体坡向(阴坡或阳坡)、坡度、海拔等因素控制地表残坡积层的厚度,而后的覆盖深

度又与植被发育程度密切相关。

通过分析在该流域获取的 104 组不同岩石残积物和坡积物厚度与植被数据,发现残坡积层厚度总体是阳坡小于阴坡,且坡度越大,残坡积层厚度越小。残坡积层厚度越小,植物发育程度就越差,如阳坡的残积层区,植被类型主要为矮小的灌木,且灌木高度大多小于 1 m;而在阴坡的残积层区,由于残积层厚度较阳坡大,植被发育虽然也为灌木,但高度可达 1.5 m。

在阳坡的坡积层区,坡积层厚度相对较厚,植被类型中灌木和乔木均匀分布,且灌木和乔木分布比例相当;但在阴坡的坡积层区,坡积层厚度相对更厚,植

被主要以乔木为主。笔者在砂岩、白云岩、花岗岩、片麻岩及泥页岩等 5 种不同的岩石风化后的残积物和坡积物区域内,调查发现残、坡积层的厚度在各个岩性之间存在细小差别,但总体趋势与前面总结的规律一致,即残积层的厚度总体小于 20 cm,天然植被主要为草本和灌木;而坡积层的厚度普遍大于 20 cm,植被类型以乔木为主(图 2)。因此,这里笔者以残、坡积层的厚度 20 cm 为界线进行填图单元划分,从支撑植被的角度出发, <20 cm 的残积物(风化壳)以母岩岩石类型命名为基岩填图单元,而 ≥20 cm 的区域作为第四系沉积类型(坡积物)的地表基质填图单元。

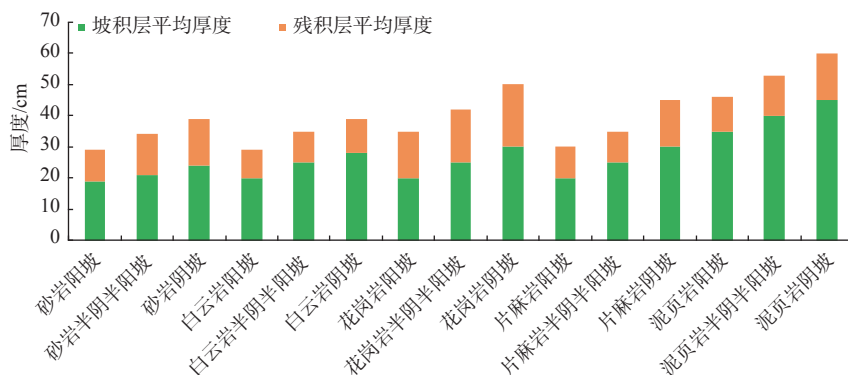


图 2 柴白河流域残坡积物平均厚度统计图

Fig. 2 Statistical histogram of the average thickness of the eluvium and deluvium deposits in the Chaibai River basin

3.3 地表基质填图单元划分

根据前面的地表基质三级分类理论,综合岩性组合特征,对出露较少的地质单元进行合并,在承德市柴白河流域地区划分了砂砾岩类基岩、白云岩类基岩、流纹岩类基岩、花岗岩类基岩、粗安岩类基岩、片麻岩类基岩、砂砾岩类坡积沙砾、流纹岩类坡积沙砾、花岗岩类坡积沙砾、粗安岩类坡积沙砾、白云岩类坡积沙砾、片麻岩类坡积沙砾、砂砾岩类残积粗砾、白云岩类残积粗砾、流纹岩类残积粗砾、花岗岩类残积粗砾、粗安岩类残积粗砾、片麻岩类残积粗砾、冲洪积粗砾、冲洪积沙、风积粉沙、冲洪积黏土等 22 个地表基质三级类填图单元(图 3)。

这里说明一下,文中将第四系的沉积物命名为沙,由于各种岩石的风化壳及残坡积物均为第四系沉积物,故统一为沙。

4 坝上高原地表基质调查支撑科学绿化与生态修复实践

4.1 支撑塞罕坝地区植树造林优化布局

2019—2021 年,笔者在位于河北北部的张家口—

承德(张承)坝上高原地区开展地表基质调查,结果显示塞罕坝地区地表基质类型主要是玄武岩、花岗岩、风积物和河湖沉积物,其他类型还有凝灰岩、安山岩、流纹岩等。目前的人工林主要种植于风积物和玄武岩基质区。

风积物基质区:因地下水位埋深较深(一般大于 10 m),土壤养分含量较低,人工种植乔木林后,灌木和草本因水分和养分不足出现植被群落结构单一现象。

玄武岩基质区:调查发现玄武岩基质区表层土壤厚度为 0.1~0.3 m,风化壳厚度为 0.5~1.0 m,土壤中 N 和 K 元素含量较高。致密块状玄武岩垂向柱状节理裂隙发育,可为落叶松等浅根乔木树种根系生长提供物理空间和水分通道;蜂窝状和杏仁状玄武岩保水性较好,适宜樟子松、白桦等深根乔木树种生长,在山坡上种植的乔木生物多样性较好(图 4)。

花岗岩基质区:土壤层厚 0.2~0.5 m,风化壳层厚 1.0~2.0 m,土壤中 N 和 K 元素含量较高,岩石保水性较好,适宜樟子松、榆树等以深根为主的乔木生长,也可作为周边扩大造林规划的区域。适宜的花岗岩基质区主要分布在塞罕坝地区中部、丰宁县大滩镇和外

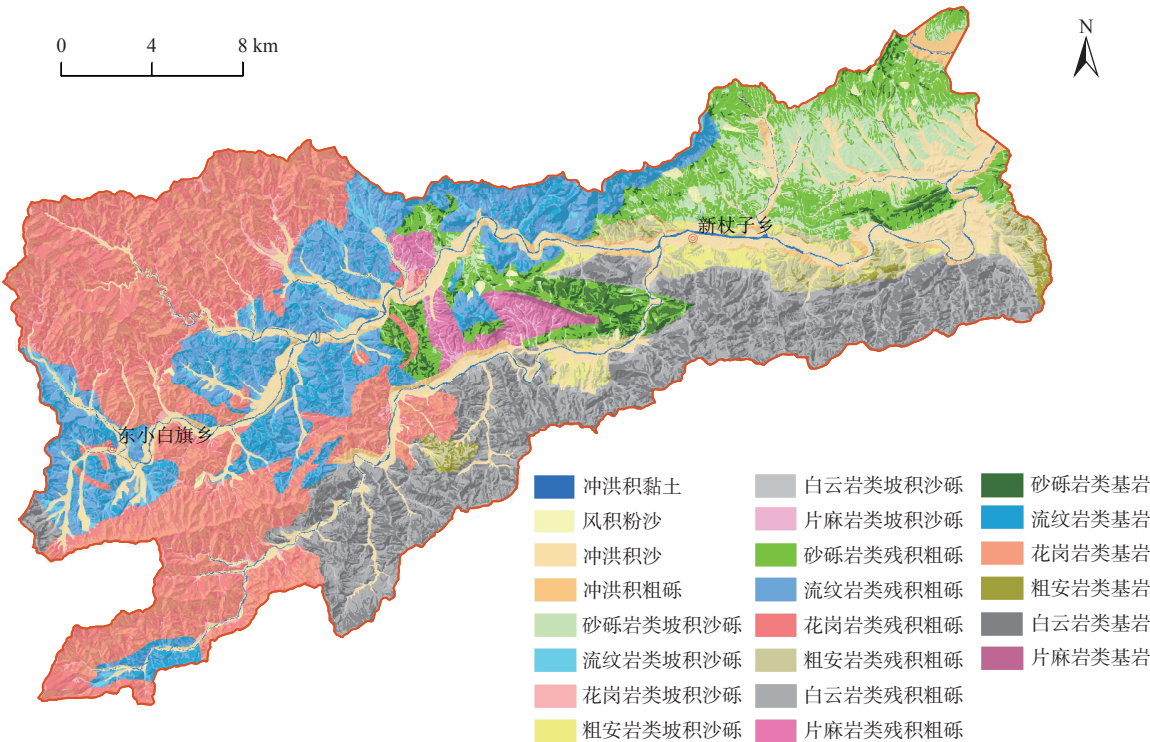


图 3 承德柴白河流域地表基质三级填图单元

Fig. 3 Third-level mapping unit of ground substrate in the Chaibai River Basin of Chengde



图 4 张承坝上高原典型地表基质与植被生长约束

Fig. 4 Typical ground substrate and vegetation growth constraints in the Bashang Plateau of Zhangjiakou—Chengde

沟门乡等地。

因此, 周边扩大造林宜优先规划在玄武岩基质区, 重点推广针阔混交林, 并增加蒙古栎、白桦和榆等乡土树种。适宜的玄武岩基质区主要分布在塞罕坝地区中部、丰宁县大滩—鱼儿山镇一带和草原乡、围场县御道口牧场及御道口镇等地。

4.2 支撑坝上高原狼毒草防治

对坝上高原御道口牧场区 42 处狼毒草分布区进行样方调查, 测量株数、株高等, 发现 9 处为密集斑块类型, 6 处为稀疏斑点类型, 27 处为零散点状类型。

其中“风积+水积”类二元地质结构单元更易出现狼毒草, 在河湖相+薄层风积沙土壤结构单元内狼毒草空间展布呈面状和带状密集分布(图 5); 在沙地区域内和河道两侧及低洼区域内呈零散点状分布。由于二元结构单元对水分、养分的供给能力较强, 利于狼毒草产生“肥岛”。密集斑块状型地表基质层中 N、P、K、Ca、Mg、S 等元素含量明显高于狼毒草零散点状区, 且粒度组分以沙为主, 水土条件优良, “肥岛”效应显著, 利于狼毒根系对表层至深层土壤的利用效率, 产生较多的根系沉淀, 而根系活动能维持“肥岛”的功

能和发育,狼毒和“肥岛”相互促进有利于狼毒种群的大面积扩张。相反,沙地区和低洼区水土条件差异显著,不利于“肥岛”效应发生,延缓狼毒草的扩散。

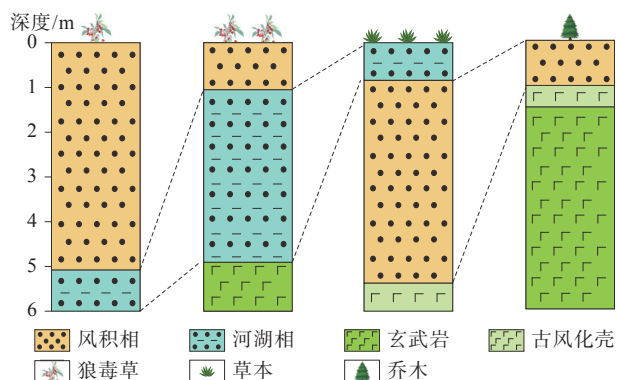


图 5 御道口牧场区不同地表基质层垂向结构与植被约束特征
Fig. 5 Constraint characteristics of vertical structure of different ground substrates on vegetation in the Yudaokou pasture area

5 结论与建议

(1)地表基质调查,需要从地质本身出发,将地表基质与自然资源和生态环境紧密联系,查清其自然性质及其可能的表现行为。

(2)同一气候条件下,不同地表基质类型对植被类型及其组合有明显影响,地表基质异质性直接影响着植被的类型和空间展布格局。

(3)地表基质的三级分类可在物质组成、成因类型、地貌形态基础上,岩石以成因类型+地貌形态+粒级等进行命名,第四系松散沉积物以成因类型(地貌形态)+粒级(质地)等进行命名。

(4)地表基质综合调查包括调查、监测、评价、区划等内容,根据地表基质垂向支撑的内容不同,可分为生产层、生态层和生活层。

由于土壤是气候、植被和地表基质相互综合作用的产物,地表基质多样性一定程度上决定了土壤多样性,而土壤多样性又影响着植物多样性^[22],故建议后续在地表基质调查过程中增加地表基质异质性(或多样性调查),也建议在目前正在开展的土壤“三普”中将土壤多样性与地表基质多样性结合起来进行统一调查。

参考文献 (References) :

[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)

[2022-04-28]. http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121_2498506.html.

- [2] National Research Council. Basic research opportunities in the earth sciences[R]. Washington D C: National Academy Press, 2001: 1-154.
- [3] BANWART S A, CHORVER J, GAILLARDET G, et al. Sustaining Earth's critical zone basic science and interdisciplinary solutions for global challenges[R]. United Kingdom: The University of Sheffield, 2013.
- [4] RICHTER D D J, MOBLEY M L. Monitoring earth's critical zone[J]. *Science*, 2009, 326(5956): 1067 - 1068.
- [5] ZHANG Ganli, SONG Xiaodong, WU Kening. A classification scheme for Earth's Critical Zones and its application in China[J]. *Science China Earth Sciences*, 2021, 64(10): 1709 - 1720.
- [6] 张甘霖, 宋效东, 吴克宁. 地球关键带分类方法与中国案例研究[J]. *中国科学: 地球科学*, 2021, 51(10): 1681 - 1692. [ZHANG Ganlin, SONG Xiaodong, WU Kening. A classification scheme for Earth's Critical Zones and its application in China[J]. *Scientia Sinica (Terrae)*, 2021, 51(10): 1681 - 1692. (in Chinese)]
- [7] 刘金涛, 韩小乐, 刘建立, 等. 山坡表层关键带结构与水文连通性研究进展[J]. *水科学进展*, 2019, 30(1): 112 - 122. [LIU Jintao, HAN Xiaole, LIU Jianli, et al. Understanding of critical zone structures and hydrological connectivity: A review[J]. *Advances in Water Science*, 2019, 30(1): 112 - 122. (in Chinese with English abstract)]
- [8] 马腾, 沈帅, 邓娅敏, 等. 流域地球关键带调查理论方法——以长江中游江汉平原为例[J]. *地球科学*, 2020, 45(12): 4498 - 4511. [MA Teng, SHEN Shuai, DENG Yamin, et al. Theoretical approaches of survey on Earth's critical zone in basin: An example from Jiangnan Plain, Central Yangtze River[J]. *Earth Science*, 2020, 45(12): 4498 - 4511. (in Chinese with English abstract)]
- [9] 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): 1 - 7. [HAO Aibing, YIN Zhiqiang, PENG Ling, et al. A discussion of the classification of natural resources based on the combination of academic-legal principles and management[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2020, 47(6): 1 - 7. (in Chinese with English abstract)]
- [10] 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. [GE Liangsheng, YANG Guicai. New field of natural

- resources survey and monitoring: Ground substrate survey[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2020, 33(9): 4 – 11. (in Chinese with English abstract)]
- [11] 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 & Engineering Geology*, 2020, 47(6): 8 – 14. (in Chinese with English abstract)]
- [12] 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. 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 with English abstract)]
- [13] 侯红星, 张蜀冀, 鲁敏, 等. 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[J]. *西北地质*, 2021, 54(3): 277 – 288. [HOU Hongxing, ZHANG Shuji, LU Min, et al. Technology and method of the ground substrate layer survey of natural resources: Taking Baoding area as an example[J]. *Northwestern Geology*, 2021, 54(3): 277 – 288. (in Chinese with English abstract)]
- [14] 侯红星, 葛良胜, 孙肖, 等. 地表基质调查内容及要素—属性指标体系探讨[J]. *自然科学*, 2021, 9(4): 433 – 442. [HOU Hongxing, GE Liangsheng, SUN Xiao, et al. Discussion on the contents of ground substrate investigation and the index system of elements and attributes[J]. *Open Journal of Natural Science*, 2021, 9(4): 433 – 442. (in Chinese with English abstract)]
- [15] 李响, 周效华, 相振群, 等. 地表基质调查的工作思路刍议: 以海南岛为例[J/OL]. *地质通报*. (2021-08-30) [2022-04-20]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4648.P.20210827.1805.002.html>. [LIXiang, ZHOU Xiaohua, XIANG Zhenqun, et al. Simply discussion on the work of ground substrate survey: Taking Hainan Island as an example[J/OL]. *Geological Bulletin of China*. (2021-08-30) [2022-04-20]. (in Chinese with English abstract)]
- [16] 王京彬, 卫晓锋, 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. [WANG Jingbin, WEI Xiaofeng, ZHANG Huiqiong, et al. The eco-geological survey based on geological formation, exemplified by integrated geological survey of National Ecological Civilization Demonstration Area in Chengde City, Hebei Province[J]. *Geology in China*, 2020, 47(6): 1611 – 1624. (in Chinese with English abstract)]
- [17] 卫晓锋, 樊刘洋, 孙紫坚, 等. 河北承德柴白河流域地质建造对植物群落组成的影响[J]. *中国地质*, 2020, 47(6): 1869 – 1880. [WEI Xiaofeng, FAN Liuyang, SUN Zijian, et al. The influence of geological formation on plant community composition in Chaibai River Basin, Chengde, Hebei Province[J]. *Geology in China*, 2020, 47(6): 1869 – 1880. (in Chinese with English abstract)]
- [18] 肖春蕾, 聂洪峰, 刘建宇, 等. 生态-地质作用模式: 诠释表生地质过程与生态特征的耦合[J]. *中国地质调查*, 2021, 8(6): 9 – 24. [XIAO Chunlei, NIE Hongfeng, LIU Jianyu, et al. Ecological and geological interaction model: The coupling of supergene geological processes and ecological characteristics[J]. *Geological Survey of China*, 2021, 8(6): 9 – 24. (in Chinese with English abstract)]
- [19] CHOROVER J, TROCH P A, RASMUSSEN C, et al. How water, carbon, and energy drive critical zone evolution: The jemez santa catalina critical zone observatory[J]. *Vadose Zone Journal*, 2011, 10(3): 884 – 899.
- [20] BRISTOL R S, EULISS N H, BOOTH N L, et al. Science strategy for core science systems in the US Geological Survey, 2013—2023[R]. Washington DC: US Geological Survey, 2012: 1-29.
- [21] 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]. (2020-12-22) [2022-04-28]. http://gi.mnr.gov.cn/202012/t20201222_2596025.html.
- [22] 蔡祖聪. 土壤在植物多样性形成中的作用及其研究意义[J]. *土壤学报*, 2022, 59(1): 1 – 9. [CAI Zucong. The role of soil in the formation of plant biodiversity and its research significance[J]. *Acta Pedologica sinica*, 2022, 59(1): 1 – 9. (in Chinese with English abstract)]

编辑: 汪美华

实习编辑: 刘真真