



## 基于地貌单元分区的地表基质结构调查方法与实践 ——以长春地区为例

王建伟, 宋立东, 佟智强, 刘浩, 杨洪祥, 高博

中国地质调查局 牡丹江自然资源综合调查中心, 黑龙江 牡丹江 157021

**摘要:** 地表基质是自然资源调查的基础内容, 如何开展这项调查还未形成统一的工作指南. 本文在长春地区地表基质调查工作的基础上, 提出基于地貌单元分区的地表基质结构调查方法, 并系统总结该区地表基质的空间结构特征. 结果表明: 地表 0~20 cm 深度内, 河谷冲积平原、山前台地和山间盆谷地区地表基质以土质为主、泥质为辅, 低山丘陵区地表基质以岩石为主、砾质为辅; 0~5 m, 漫滩和一级阶地区地表基质典型结构分为壤土+砂土和壤土+黏质壤土+黏质壤土两种类型, 二级阶地、山前台地和山间盆谷地区地表基质典型结构为灰黑色壤土+黄褐色黏质壤土+黄色黏质壤土, 低山丘陵区地表基质典型结构为壤土+砂土(或粗骨土)+岩石; 0~50 m, 漫滩和一级阶地区地表基质典型结构为壤土+砂土+岩石, 二级阶地区地表基质典型结构为黏质壤土+砂土+岩石, 山前台地区地表基质典型结构为黏质壤土+岩石, 山间盆谷地区地表基质结构基本与二级阶地或山前台地区相同, 低山丘陵区地表基质典型结构为壤土+砂土(或粗骨土)+岩石.

**关键词:** 地表基质; 地貌分区; 土壤结构; 长春地区

## METHOD AND PRACTICE OF GROUND SUBSTRATE STRUCTURE SURVEY BASED ON GEOMORPHIC DIVISION: A Case Study of Changchun Region

WANG Jian-wei, SONG Li-dong, TONG Zhi-qiang, LIU Hao, YANG Hong-xiang, GAO Bo  
*Mudanjiang Natural Resources Comprehensive Survey Center, CGS, Mudanjiang 157021, Heilongjiang Province, China*

**Abstract:** Ground substrate is the basic content of natural resources survey, but there is not yet a unified working guideline on how to carry out the work. Based on the ground substrate survey in Changchun region, the paper proposes the method of ground substrate structure survey based on geomorphic unit division, and systematically summarizes the spatial structure characteristics of ground substrate in the area. The results show that the ground substrate at the depth of 0–20 cm below surface is mainly soil and complemented by mud in the valley alluvial plain, piedmont platform and intermountain basin valley area, while mainly rock and supplemented by gravel in low mountain and hilly area. At the depth of 0–5 m below surface, the typical structure of ground substrate in floodplain and first terrace can be divided into two types, i.e., loam+sandy soil and loam+clayey loam+clayey loam, with grayish black loam+yellow brown clayey loam+yellow clayey loam in second terrace, piedmont platform and intermountain basin valley area, and loam+sandy

收稿日期: 2023-04-27; 修回日期: 2023-07-02. 编辑: 张哲.

基金项目: 中国地质调查局项目“松嫩平原长春地区黑土地表基质调查”(ZD20220111).

作者简介: 王建伟(1989—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事工程地质、自然资源调查工作, 通信地址 黑龙江省牡丹江市东安区卧龙街 45 号, E-mail//870080982@qq.com

通信作者: 宋立东(1991—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事自然资源遥感调查工作, 通信地址 黑龙江省牡丹江市东安区卧龙街 45 号, E-mail//songlidongRS@126.com

soil (or skeleton soil)+rock in low mountain and hilly area. At the depth of 0–50 m below surface, the typical structure of ground substrate in floodplain and first terrace is loam+sandy soil+rock, with clayey loam+sandy soil+rock in second terrace, and clayey loam+rock in piedmont platform, and loam+sandy soil (or skeleton soil)+rock in low mountain and hilly area. The ground substrate structure in intermountain basin valley area is basically the same as that in second terrace or piedmont platform.

**Key words:** ground substrate; geomorphic division; soil structure; Changchun City

## 0 引言

地表基质是自然资源管理领域的新概念. 2020年,自然资源部下发的《自然资源调查监测体系构建的总体方案》<sup>[1]</sup>将地表基质作为自然资源分层分类模型的第一层,并将其定义为“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”.从空间分布来看,地表基质位于地球表层,是地球关键带地表(地表覆盖层)以下部分,是地球表层各圈层交换作用最强烈的关键部位<sup>[2-4]</sup>;从功能属性来看,地表基质是各类自然资源的孕育和支撑层,其地表景观特征及理化性质控制了相应自然资源的状态秉赋和生长特征,对维系地球生态系统空间格局具有重要意义<sup>[5-6]</sup>.

近年来,国内已有多位专家学者围绕地表基质开展了相关调查和研究工作,如殷志强等<sup>[7-8]</sup>借鉴区域地质、水工环地质学科分类和图件表达,将地表基质划分为四个层级,提出了地表基质编图需关注的重点问题,归纳总结了地表基质支撑服务目标;侯红星等<sup>[9]</sup>结合黑龙江宝清地区地表基质调查试点项目成果,提出了黑土地地表基质调查内容、方法和要素;葛良胜等<sup>[6,10]</sup>以构建地表基质调查要素模型为基础,探讨了地表基质调查的内容重点、组织部署和成果集成等方面内容,进一步构建了地表基质调查技术方法体系;孙禧勇和王瑞峰等<sup>[11-12]</sup>通过深入研究地表基质的科学内涵,提出了关于完善地表基质调查标准和支撑自然资源管理等方面的意见建议.张凤荣<sup>[13]</sup>通过辨析土壤、风化壳和地表基质概念的相互关系,提出了地表基质重点调查内容和优先调查区域的意见建议.贾磊等<sup>[14]</sup>借鉴地质、生态和土壤等综合学科,探索提出了一套适用于南方山地-丘陵区的地表基质填图单元分类思路.

综上所述,现阶段地表基质调查在理论基础、目标定位、分类方案、指标-要素和服务应用等方面均取得了新进展与新突破,初步形成了地表基质调查技术方

法体系,但地表基质调查的实施方案还没有发布,地表基质调查如何开展还缺乏统一的行动指南<sup>[15]</sup>.本文基于长春地区黑土地地表基质调查实践,总结提出基于地貌单元分区的地表基质结构调查方法,以期为地表基质调查组织与实施提供借鉴.

## 1 研究区概况

### 1.1 自然地理

研究区为吉林省长春市及下辖的榆树市、德惠市、九台区、双阳区、农安县,坐标范围东经 124°18′—127°05′,北纬 43°05′—45°15′,面积约 20 595 km<sup>2</sup>.该区位于吉林省中北部,西北与松原市毗邻,东临吉林市,南接四平市、辽源市,西与公主岭市和长岭县为邻,东北与黑龙江省哈尔滨市接壤(图 1、2).



图 1 研究区位置图

Fig. 1 Location map of the study area

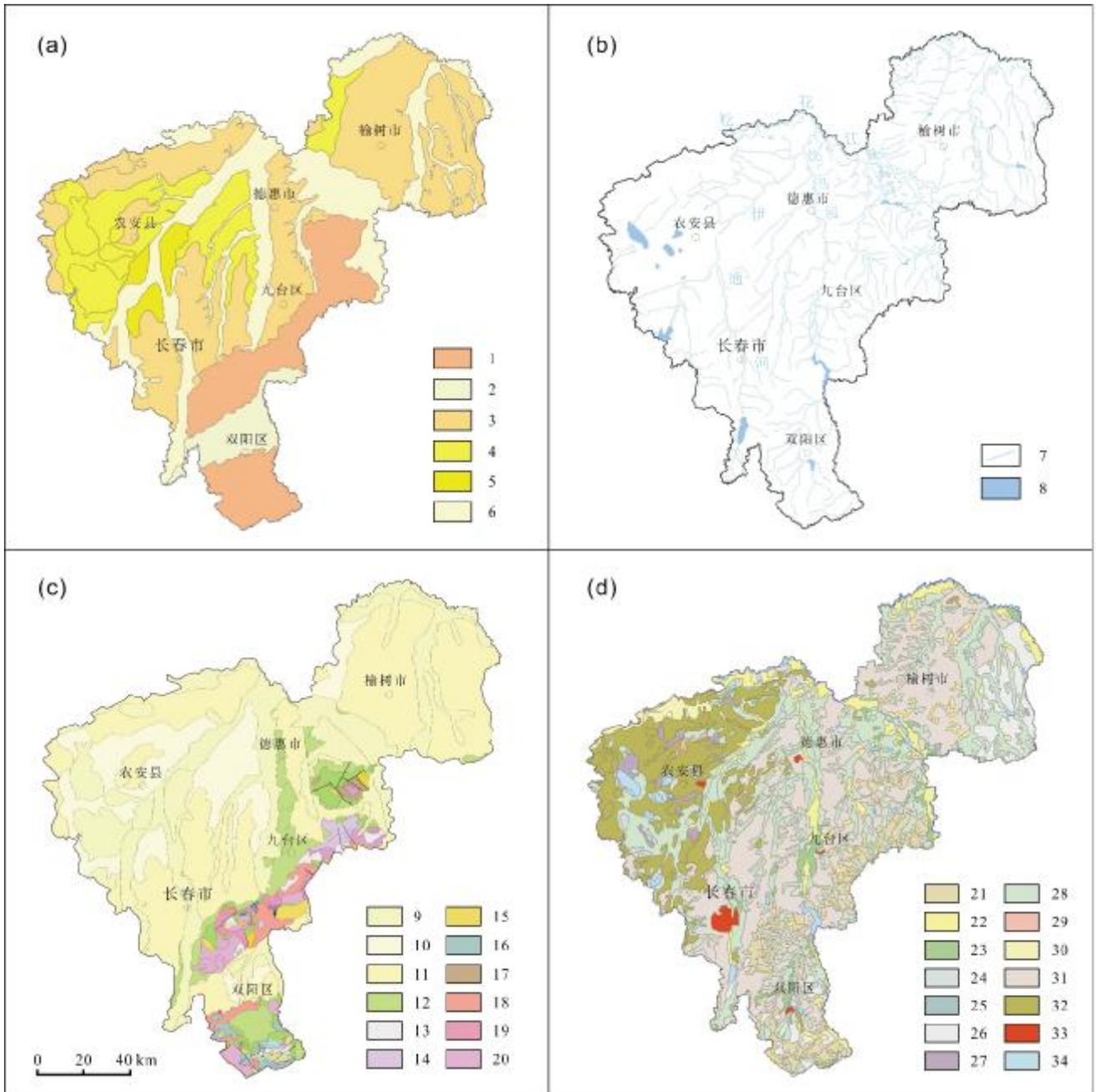


图2 研究区背景图

Fig. 2 Background maps of the study area

a—地貌图(geomorphic map); b—水系图(drainage map); c—区域地质图(regional geological map); d—土壤类型图(soil type map); 1—低山丘陵(low mountain and hill); 2—山间盆谷地(intermountain basin valley); 3—山前台地(piedmont terrace); 4—二级阶地(second terrace); 5—一级阶地(first terrace); 6—河漫滩(floodplain); 7—线状水系(river system); 8—湖泊、水库(lake/reservoir); 9—全新统漫滩、一级阶地冲积层(Holocene floodplain and first terrace alluvium); 10—顾乡屯组(Guxiangtun fm.); 11—荒山组(Huangshan fm.); 12—白垩系陆源碎屑岩(Cretaceous terrigenous clastic rock); 13—四合屯组(Sihetun fm.); 14—卢家组(Lujia fm.); 15—杨家沟组(Yangjiagou fm.); 16—余富屯组(Yufutun fm.); 17—机房沟组(Jifanggou fm.); 18—正长花岗岩(syenogranite); 19—二长花岗岩(monzogranite); 20—石英正长岩(quartz syenite); 21—暗棕壤(dark brown soil); 22—新积土(alluvial soil); 23—水稻土(paddy soil); 24—沼泽土(swampy soil); 25—泥炭土(peat soil); 26—白浆土(albic soil); 27—碱土(alkali soil); 28—草甸土(meadow soil); 29—草甸盐土(meadow solonchak); 30—风沙土(aolian sandy soil); 31—黑土(black soil); 32—黑钙土(chernozem); 33—城镇(town); 34—水域(waters)

研究区大部分位于松嫩平原,地势上东南高、西北低. 低山丘陵分布在南部和东南部, 平原分布在北部和中西部,地势较为平坦,地形坡度一般在 5°以下. 按地貌成因类型可划分为低山丘陵、山间盆谷地、山前台地和河谷冲积平原(二级阶地、一级阶地和漫滩)(图 2a). 区内河流水系比较发达,均属松花江水系,主要河流有一级河松花江,二级河沐石河、饮马河等,三级河伊通河、雾开河等,四级河干雾海河、四道沟等(图 2b).

### 1.2 区域地质

研究区地层自古生界至新生界均有出露, 第四系约占工作区总面积的 76%, 包括中更新统荒山组(Qp<sup>2h</sup>),晚更新统顾乡屯组(Qp<sup>3g</sup>),全新世河床、河漫滩、一级阶地冲积层等. 其中,荒山组主要分布于山前台地地貌单元,地层岩性一般为褐红色-土黄色粉砂质黏土;顾乡屯组分布于河谷平原二级阶地区,地层岩性一般为浅黄色粉质黏土、粉细砂及砂粒砂砾石,具有典型河流“二元结构”. 岩浆岩出露面积较小,均分布于大黑山及哈达岭低山丘陵区,岩性以中生代花岗岩类为主,局部出露基性玄武岩、中基性闪长岩和辉长岩岩体<sup>[16]</sup>(图 2c).

### 1.3 土壤类型

研究区分布的土壤有黑土、黑钙土、暗棕壤、白浆土、草甸土、新积土、盐土、碱土、风沙土、沼泽土、泥炭土和水稻土共 12 个种类<sup>[17]</sup>(图 2d),并以黑土、黑钙土的分布面积为最广.

## 2 调查研究方法

以地质学、应用第四纪地质学为理论基础,结合土壤学、农学等相关领域内容,在已有地质成果的基础上,在长春地区开展 1:25 万地表基质调查. 采用“空天地井”一体化调查手段,分区、分类、分层次、网格化部署调查研究工作: 分区主要考虑不同的地貌类型分区(低山丘陵、山间盆谷地、山前台地、二级阶地、一级阶地和漫滩);分类主要考虑不同的地表覆被类型(不同的土地利用类型)和不同的地表基质类型(岩、砾、土等);分层次主要考虑不同地表基质层空间结构特征,区分不同的调查深度部署调查工作方法手段;网格化在考虑以上因素基础上,采用灵活的网度部署调查手段,确保系统控制调查区地表基质层空间分布和本底属性. 1 m 以浅基质层以查清基质类型、结构、生态景

观属性为调查重点内容; 1 m 以深基质层以查明基质层空间结构、理化性质为重点调查内容.

在区内沿垂直地貌变化方向布设 1 条剖面路线,剖面路线尽可能穿越所有地表基质类型和地表覆盖类型;对穿过的天然露头 and 人工露头进行剖面测绘,对重要的地质边界开展物探、钻探和槽探确定地表基质厚度和剖面结构特征,并采集样品<sup>[18-19]</sup>;掌握不同地表基质类型相互作用、相互组合特征及地表基质层与地表覆盖层等相互耦合响应关系,为构建地表基质三维空间模型打下基础.

在山间盆谷地、山前台地和河谷冲积平原区,针对第四系覆盖较厚的特点,利用遥感解译+地面调查+洛阳铲+背包钻+汽车钻的方法揭露 50 m 以浅查明各地表基质的类型、空间分布、理化性质等特征. 在低山丘陵区,主要利用遥感解译+地面调查+典型剖面(露头)测量,辅以洛阳铲或背包钻的方法查明岩石岩性、结构、构造、风化程度、风化壳厚度、地表景观属性和理化性质等特征(图 3).

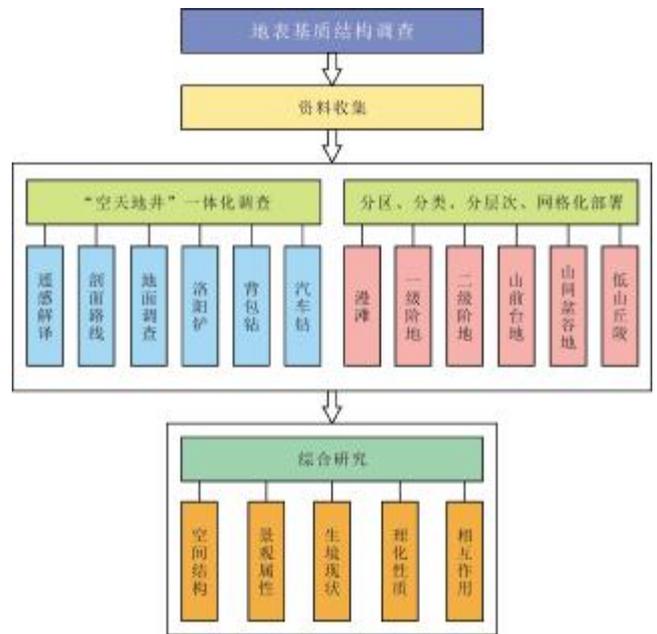


图 3 地表基质结构调查研究方法流程图

Fig. 3 Flowchart of ground substrate structure survey

## 3 地表基质空间结构特征

按照自然资源部下发的《地表基质分类方案(试行)》<sup>[20]</sup>,地表基质可划分为岩石、砾质、土质、泥质 4 个一级类和所属 14 个二级类、69 个三级类. 参照该方

案,系统调查总结研究区不同地貌单元内浅层(0~20 cm)、中层(0~5 m)、深层(0~50 m)地表基质空间结构特征.

### 3.1 浅层地表基质空间分布特征

地表0~20 cm为生产层,该层为土壤层或耕作层,主要支撑农作物种植和农业生产<sup>[8]</sup>.研究区河谷冲积平原、山前台地和山间盆谷地区0~20 cm地表基质一级类以土质为主、泥质为辅,土质三级类可进一步划分为壤质粗骨土、砂质粗骨土、砂土、壤质砂土、黏质砂土、砂质壤土、壤土、黏质壤土、砂质黏土、壤质黏土和黏土11类.低山丘陵区0~20 cm地表基质一级类以岩石为主、砾质为辅,岩石三级类可进一步划分为花岗岩、闪长岩、凝灰岩、片岩和砂岩5类(图4).

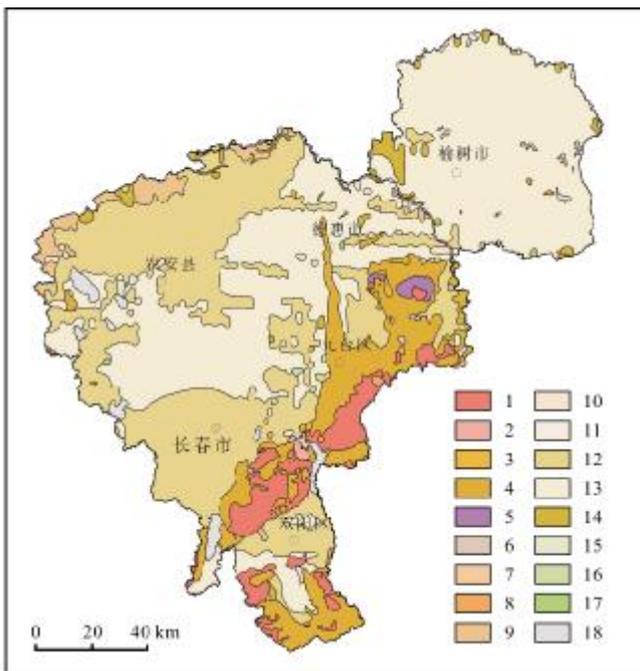


图4 浅层地表基质分布图

Fig. 4 Distribution map of shallow ground substrate

1—花岗岩(granite); 2—闪长岩(diorite); 3—凝灰岩(tuff); 4—砂岩(sandstone); 5—片岩(schist); 6—碎石状粗砾(rubbly cobble); 7—壤质粗骨土(loamy skeleton soil); 8—砂质粗骨土(sandy skeleton soil); 9—砂土(sandy soil); 10—壤质砂土(loamy sandy soil); 11—黏质砂土(clayey sandy soil); 12—壤土(loam); 13—黏质壤土(clay loam); 14—砂质壤土(sandy loam); 15—黏土(clay); 16—壤质黏土(loamy clay); 17—砂质黏土(sandy clay); 18—淤泥(silt)

### 3.2 中层地表基质垂向结构特征

地表0~5 m为生态层,该层是地下水与林草湿等植被群落的物质和能量交换层位,主要支撑着植被群

落的生长和演替<sup>[8]</sup>.研究区0~5 m地表基质垂向结构特征如下.

#### (1)漫滩和一级阶地区

该区主要分两种结构类型:壤土(或砂质壤土)+砂土结构和壤土+黏质壤土+黏质壤土(或黏土)结构.

壤土(或砂质壤土)+砂土结构一般呈小面积分布在研究区河流漫滩或河床,形成时代为第四纪全新世,地表基质上部通常为壤土或砂质壤土,厚度变化较大,下部为中细砂或砂砾;部分低漫滩或河床区受河流冲积作用影响较大,地表基质呈砂土单层结构类型(图5).该区土地利用类型主要为耕地.

壤土+黏质壤土+黏质壤土(或黏土)广泛布于研究区伊通河和饮马河沿岸(高)漫滩或一级阶地,形成时代为第四纪全新世.由于地势低洼,受地下水影响较大,土壤形成具有明显的腐殖质积累过程,形成颜色深暗、质地黏重、粒状结核深厚的黑土层.发育的土壤类型主要为草甸土,所对应的典型地表基质类型为灰黑色壤土+灰褐色黏质壤土+青灰色黏质壤土(图6).黑土层厚度一般为40~60 cm,结构性良好,灰褐色黏质壤土黏粒含量高于黑土层,可见锈色斑纹等潜育特征;青灰色黏质壤土潜育化特征更加明显,可见大量铁锰结核,含水量较高,多呈饱和状态.该区土地利用类型主要为耕地.

#### (2)二级阶地、山前台地区

该区地表基质主要为第四纪早期、中期和晚期多次沉积而成的黄土状沉积物,广泛分布于长春市大部分地区.在多种成土因素的影响下,发育的土壤有白浆土、黑土和黑钙土,腐殖质及各种养分含量较高.该区所对应的典型地表基质类型为灰黑色壤土+黄褐色黏质壤土+黄色黏质壤土(图7).灰黑色壤土结构性好,多为粒状及小团块状,一般厚度为30~50 cm.黄褐色黏质壤土黏粒含量稍高于灰黑色壤土,多为棱块状结构,结构体表面可见铁锰胶膜及白色二氧化硅粉末,铁锰结核较多.该区土地利用类型主要为耕地.

#### (3)山间盆谷地区

该区地表基质垂向结构基本与二级阶地和山前台地地表基质垂向结构相同,主要为灰黑色壤土+黄褐色黏质壤土+黄色黏质壤土结构.该区土地利用类型主要为耕地.

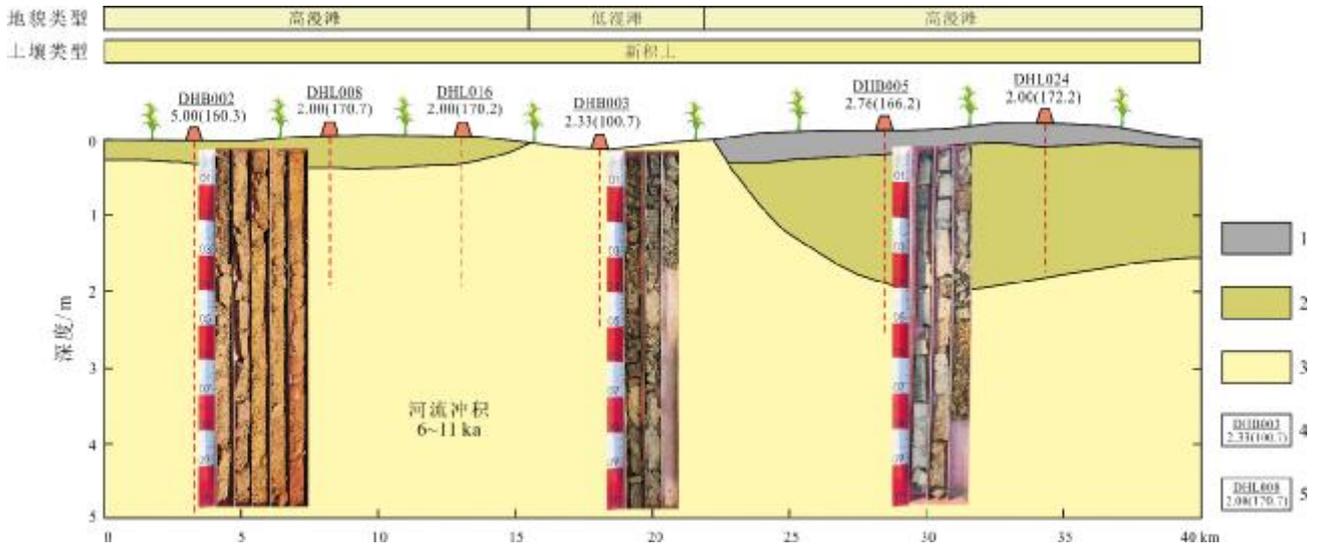


图5 沐石河漫滩0~5 m地表基质典型垂向剖面

Fig. 5 Typical profile of ground substrate at the depth of 0-5 m in the floodplain of Mushi River

1—灰黑色壤土(grayish black loam); 2—黄褐色壤土(yellowish brown loam); 3—浅黄色砂土(light yellow sandy soil); 4—背包钻编号、深度和高程 (backpack rig number, depth and elevation); 5—洛阳铲编号、深度和高程(Luoyang shovel number, depth and elevation)

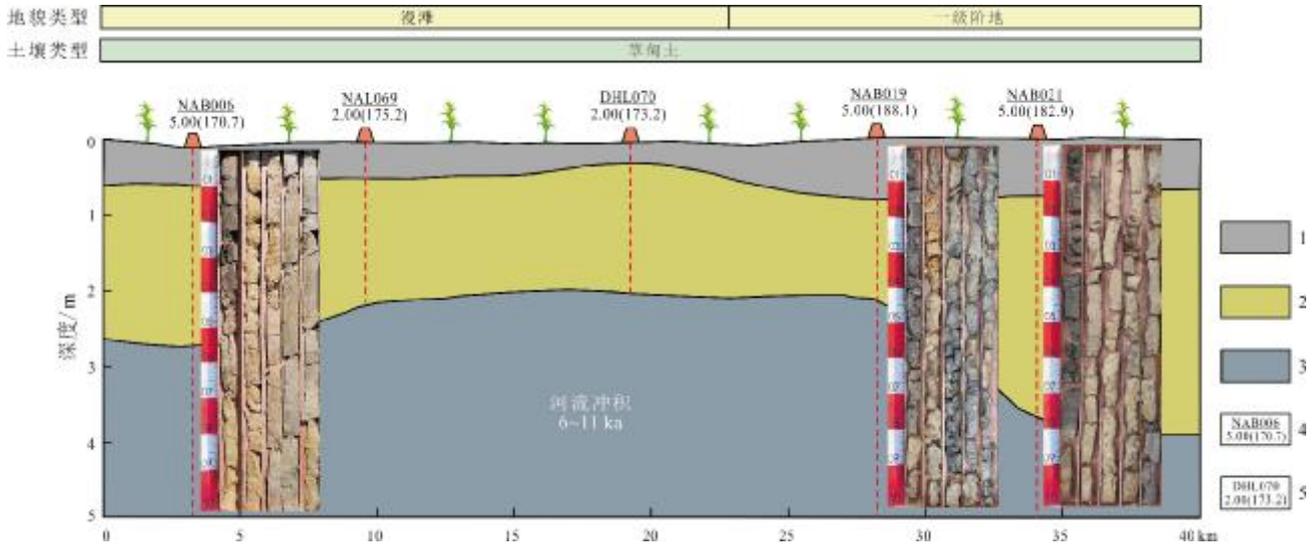


图6 伊通河漫滩和一级阶地区0~5 m地表基质典型垂向剖面

Fig. 6 Typical profile of ground substrate at the depth of 0-5 m in the floodplain and first terrace of Yitong River

1—灰黑色壤土(grayish black loam); 2—黄褐色黏质壤土(yellowish brown clayey loam); 3—青灰色黏质壤土(greenish gray clayey loam); 4—背包钻编号、深度和高程(backpack rig number, depth and elevation); 5—洛阳铲编号、深度和高程(Luoyang shovel number, depth and elevation)

#### (4) 低山丘陵区

该区地表基质上部主要为岩石风化残积物与坡积物,覆盖厚度薄,下部岩质地表基质类型分为酸性岩、中性岩、基性岩、砂岩及页岩、灰岩,岩石风化后发育的土壤主要为暗棕壤.暗棕壤有明显的腐殖质层,颜色灰暗,所对应的典型地表基质类型为壤土+砂土(或粗

骨土)+岩石(图8).该区土地利用类型主要为林地.

#### 3.3 深层地表基质垂向结构

地表0~50 m为生活层,该层是城市地下空间目前开发利用的最大深度,主要支撑城市规划建设,而且这一层也是历史环境变化、地表基质形成演变信息承载层<sup>[8]</sup>.研究区0~50 m地表基质垂向结构特征

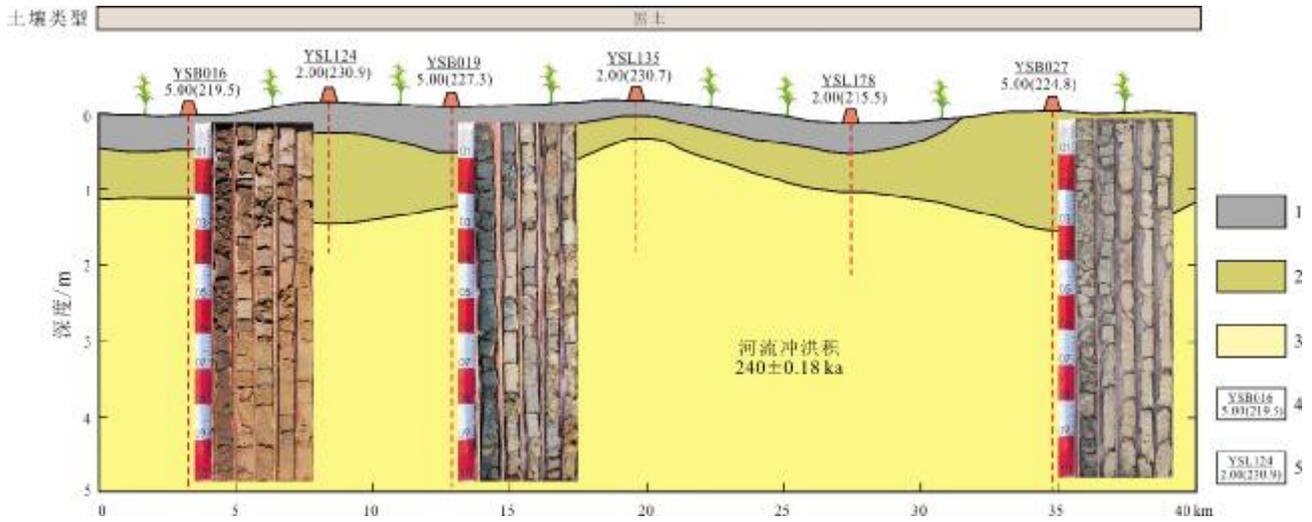


图 7 榆树台地区 0~5 m 地表基质典型垂向剖面

Fig. 7 Typical profile of ground substrate at the depth of 0-5 m in Yushu platform area

1—灰黑色壤土(grayish black loam); 2—黄褐色黏质壤土(yellowish brown clayey loam); 3—黄色黏质壤土(yellow clayey loam); 4—背包钻编号、深度和高程(backpack rig number, depth and elevation); 5—洛阳铲编号、深度和高程(Luoyang shovel number, depth and elevation)

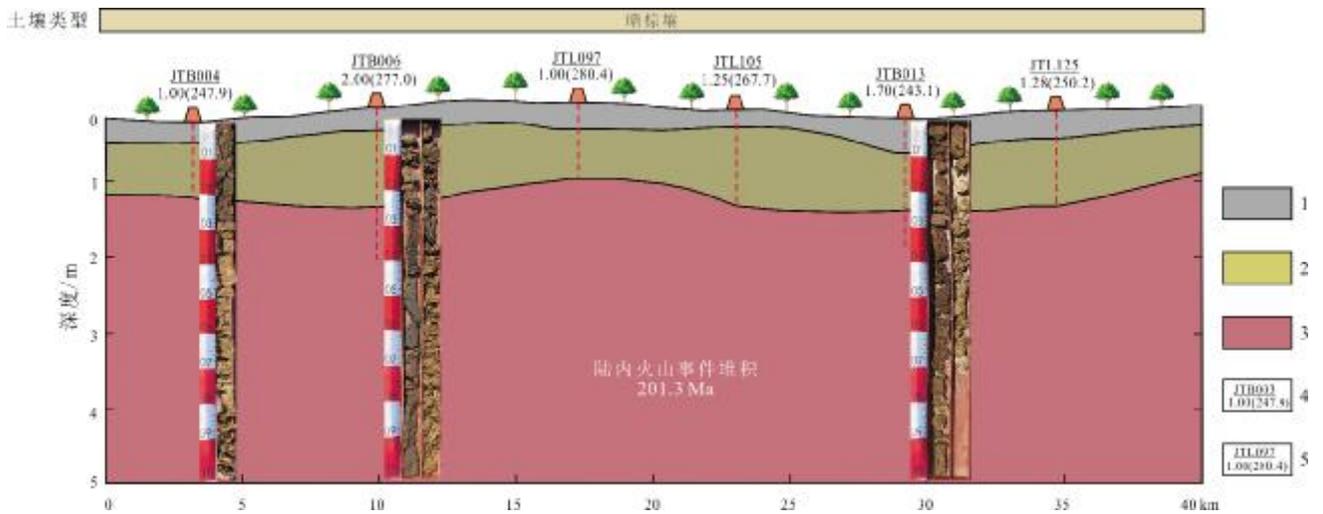


图 8 大黑山丘陵区 0~5 m 地表基质典型垂向剖面

Fig. 8 Typical profile of ground substrate at the depth of 0-5 m in Daheishan hilly area

1—灰黑色壤土(grayish black loam); 2—褐色砂土(brown sandy soil); 3—花岗岩(granite); 4—背包钻编号、深度和高程(backpack rig number, depth and elevation); 5—洛阳铲编号、深度和高程(Luoyang shovel number, depth and elevation)

如下.

(1)漫滩和一级阶地区

该区地表基质典型垂向结构类型为壤土+砂土(或砾)+岩石(图 9). 可分为上下两部分,上部多为黑褐色、黄褐色壤土或黏质壤土,下部为粉砂、中粗砂或砂砾等. 厚度一般 3~20 m. 部分低漫滩地区受河流冲积作用,壤土或黏质壤土缺失. 下伏岩石类型主要为

白垩系嫩江组(K<sub>2n</sub>)粉砂质泥岩、砂岩等.

(2)二级阶地区

该区地表基质典型垂向结构类型为黏质壤土+砂土+岩石(图 10). 可分为上下两部分,上部以土黄色黏质壤土为主,下部主要为淡黄色、黄色、褐黄色粉细砂、砂砾石等. 厚度一般 11~58 m. 下伏岩石类型主要为白垩系泉头组(K<sub>2q</sub>)紫红色泥岩、粉砂岩.

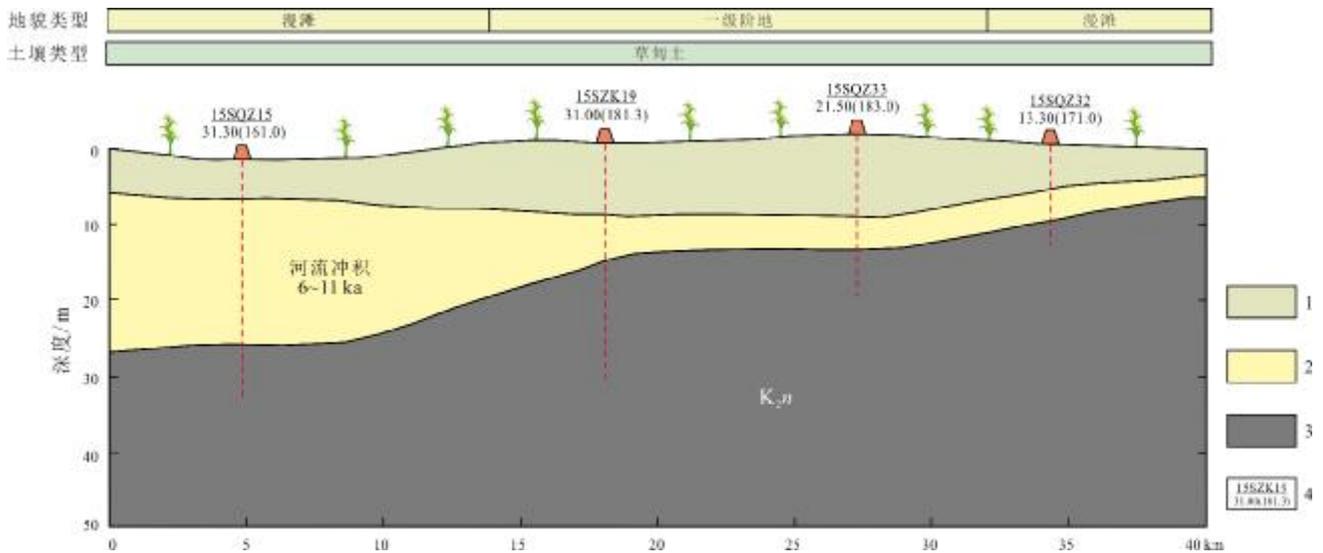


图9 伊通河漫滩和一级阶地0~50 m地表基质典型垂向剖面

Fig. 9 Typical profile of ground substrate at the depth of 0~50 m in the floodplain and first terrace of Yitong River

1—灰黄色壤土(grayish yellow loam); 2—浅黄色砂土(light yellow sandy soil); 3—粉砂质泥岩(silty mudstone); 4—汽车钻编号、深度和高程(wagon drill number, depth and elevation)

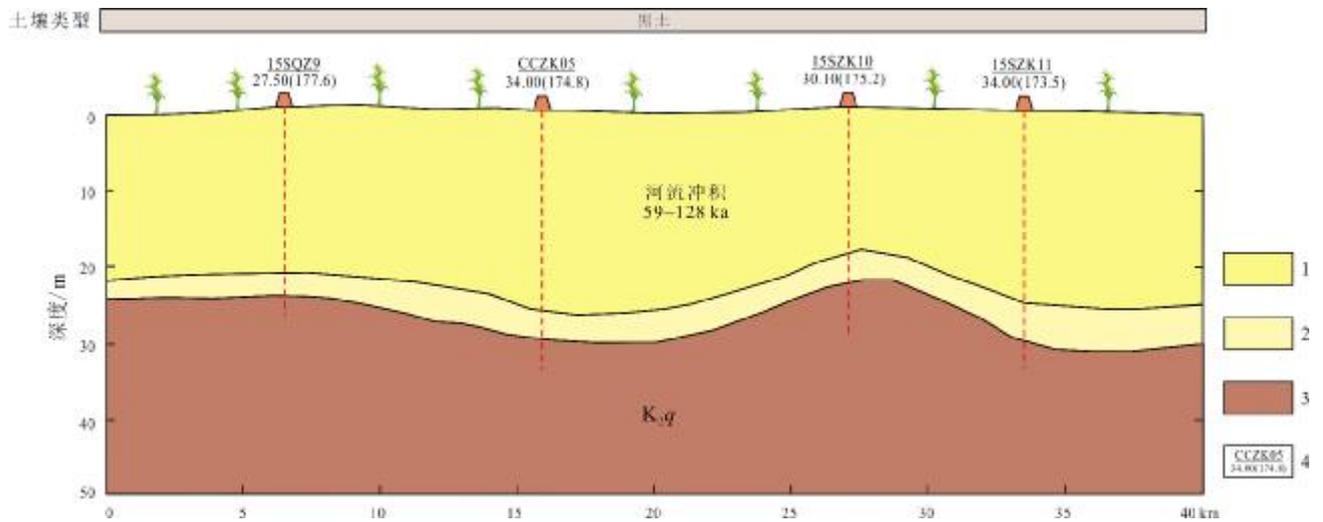


图10 饮马河二级阶地区0~50 m地表基质典型垂向剖面

Fig. 10 Typical profile of ground substrate at the depth of 0~50 m in the second terrace of Yinma River

1—黄色黏质壤土(yellow clayey loam); 2—浅黄色砂土(light yellow sandy soil); 3—紫红色砂岩(purplish red sandstone); 4—汽车钻编号、深度和高程(wagon drill number, depth and elevation)

(3)山前台地区

该区地表基质典型垂向结构类型为黏质壤土+岩石(图11). 上部为土黄色壤土(或黏质壤土),厚度一般大于20 m. 下伏岩石类型主要为白垩系泉头组紫红色泥岩、粉砂岩.

(4)山间盆地地区

该区地表基质垂向结构基本与二级阶地或山前台

地地表基质垂向结构相同,主要分为两种结构类型:黏质壤土+砂土+岩石,或黏质壤土+岩石.

(5)低山丘陵区

该区土质地表基质覆盖厚度薄,下伏岩石类型为花岗岩、闪长岩等块状岩石或砾岩、砂岩等层状岩石. 地表基质典型垂向结构类型为壤土+砂土(或粗骨土)+岩石.

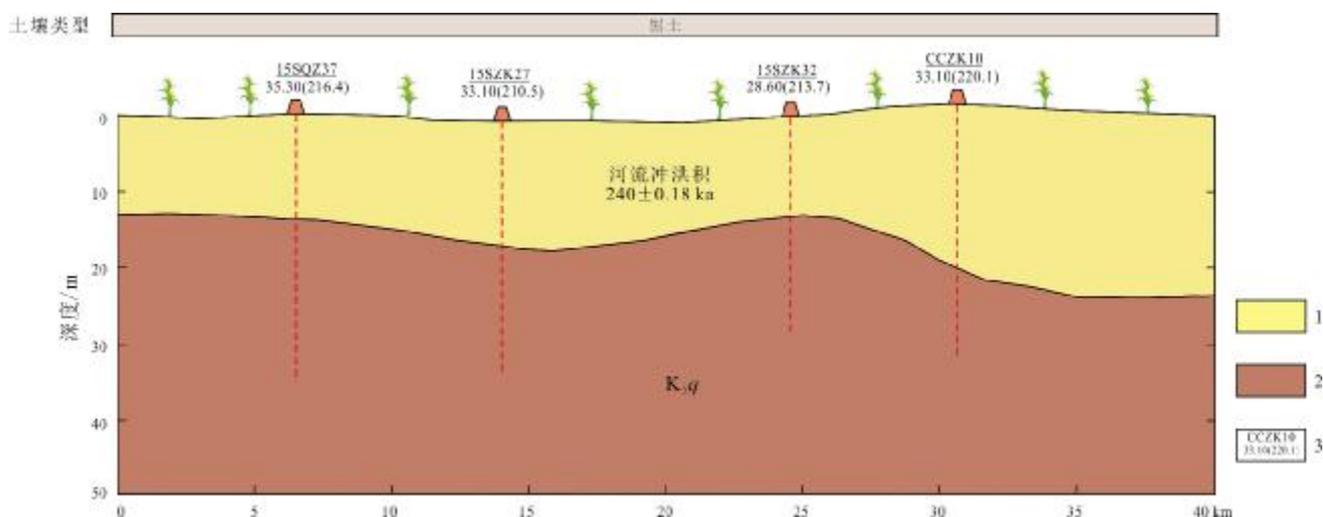


图 11 长春-德惠台地区 0~50 m 地表基质典型垂向剖面

Fig. 11 Typical profile of ground substrate at the depth of 0-50 m in Changchun-Dehui platform area

1—黄色黏质壤土(yellow clayey loam); 2—紫红色砂岩(purplish red sandstone); 3—汽车钻编号、深度和高程(wagon drill number, depth and elevation)

#### 4 结论

(1)通过研究,总结提出了基于地貌单元分区的地表基质结构调查方法:“空天地井”一体化的调查手段,以及分区、分类、分层次、网格化的调查研究工作部署。

(2)根据上述原则,系统调查了长春地区地表基质空间结构特征。结果表明:地表 0~20 cm 河谷冲积平原、山前台地和山间盆谷地区地表基质以土质为主、泥质为辅,低山丘陵区地表基质以岩石为主、砾质为辅;0~5 m 漫滩和一级阶地区地表基质典型结构分为壤土+砂土和壤土+黏质壤土+黏质壤土两种类型,二级阶地、山前台地和山间盆谷地区地表基质典型结构为灰黑色壤土+黄褐色黏质壤土+黄色黏质壤土,低山丘陵区地表基质典型结构为壤土+砂土(或粗骨土)+岩石;0~50 m 漫滩和一级阶地区地表基质典型结构为“壤土+砂土+岩石”,二级阶地区地表基质典型结构为“黏质壤土+砂土+岩石”,山前台地区地表基质典型结构为“黏质壤土+岩石”,山间盆谷地区地表基质结构基本与二级阶地或山前台地区相同,低山丘陵区地表基质典型结构为壤土+砂土(或粗骨土)+岩石。

(3)本研究调查思路和方法可为相邻或相似区域的地表基质调查和研究提供借鉴,对进一步完善地表基质调查方法体系具有参考意义。

致谢:成文过程中审稿专家和编辑部老师对论文提出许多宝贵意见,在此一并致以诚挚谢意!

#### 参考文献(Reference):

- [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].[http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121\\_2498506.html](http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121_2498506.html), 2020-01-17.  
Ministry of Natural Resources. Notice of the Ministry of Natural Resources on publishing *The Overall Plan for the Construction of Monitoring System for Natural Resources Survey* [EB/OL]. [http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121\\_2498506.html](http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121_2498506.html), 2020-01-17. (in Chinese)
- [2]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 H X, Ge L S, Sun X, et al. Discussion on the contents of ground substrate investigation and the index system of elements and attributes [J]. *Open Journal of Nature Science*, 2021, 9(4): 433-442.
- [3]陈彭,侯红星,马骏驰,等.低山丘陵区黑土地地表基质调查研究思路——以扎兰屯地区为例[J].中国国土资源经济,2023,36(2):81-89.  
Chen P, Hou H X, Ma J C, et al. Investigation and research idea on black soil surface matrix in low mountain and hilly regions: A case study of Zhalantun area [J]. *Natural Resource Economics of China*, 2023, 36(2): 81-89.
- [4]乔思伟.探路地表基质调查[N].中国自然资源报,2021-02-08(003).  
Qiao S W. Survey of surface matrix [N]. *China Natural Resources News*, 2021-02-08(003). (in Chinese)

- [5]姚晓峰, 杨建锋, 左力艳, 等. 地表基质的内涵辨析与调查思路[J]. 地质通报, 2022, 41(12): 2097-2105.  
Yao X F, Yang J F, Zuo L Y, et al. Discussion on connotation and survey strategy of the ground substrate [J]. Geological Bulletin of China, 2022, 41(12): 2097-2105.
- [6]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, 67.  
Ge L S, Yang G C. New field of natural resources survey and monitoring: Ground substrate survey [J]. Natural Resource Economics of China, 2020, 33(9): 4-11, 67.
- [7]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 Z Q, Qin X G, Zhang S J, et al. Preliminary study on classification and investigation of surface substrate [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2020, 47(6): 8-14.
- [8]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 Z Q, Chen Z R, Li X, et al. Connotation, layering, mapping and supporting objectives of the integrated survey of ground substrates [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2023, 50(1): 144-151.
- [9]侯红星, 葛良胜, 孙肖, 等. 地表基质在中国黑土地资源调查评价中的应用探讨——基于黑龙江宝清地区地表基质调查[J]. 自然资源学报, 2022, 37(9): 2264-2276.  
Hou H X, Ge L S, Sun X, et al. A study on the application of ground substrate in the survey and evaluation of China's black soil resources: Based on ground substrate survey in Baoqing, Heilongjiang Province [J]. Journal of Natural Resources, 2022, 37(9): 2264-2276.
- [10]葛良胜, 侯红星, 夏锐. 自然资源地表基质调查技术体系构建[J]. 地理信息世界, 2022, 29(5): 20-27.  
Ge L S, Hou H X, Xia R. Construction of technical system for ground substrate survey of natural resources [J]. Geomatics World, 2022, 29(5): 20-27.
- [11]孙禧勇, 许玮, 王明建. 地表基质层分类调查研究[J]. 中国土地, 2022(7): 34-36.  
Sun X Y, Xu W, Wang M J. Investigation and study on the stratification and classification of ground substrate [J]. China Land, 2022(7): 34-36. (in Chinese)
- [12]王瑞丰, 张成兵, 翟延亮, 等. 自然资源调查工作分层与分类探讨[J]. 矿产勘查, 2021, 12(5): 1294-1298.  
Wang R F, Zhang C B, Zhai Y L, et al. Discussion on stratification and classification of natural resources survey [J]. Mineral Exploration, 2021, 12(5): 1294-1298.
- [13]张凤荣. 论地表基质层重点调查内容和优先调查区域[J]. 中国土地, 2023(2): 40-41.  
Zhang F R. On the key survey content and priority survey areas of ground substrate [J]. China Land, 2023(2): 40-41. (in Chinese)
- [14]贾磊, 刘洪, 欧阳渊, 等. 基于地质建造的南方山地-丘陵区地表基质填图单元划分方案——以珠三角新会-台山地区为例[J]. 西北地质, 2022, 55(4): 140-157.  
Jia L, Liu H, Ouyang Y, et al. Division scheme of surface substrate mapping units of mountainous-hilly area in South China based on geological formations research: Example from Xinhui-Taishan area in Pearl River Delta [J]. Northwestern Geology, 2022, 55(4): 140-157.
- [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]. 地质通报, 2023, 42(1): 68-75.  
Li X, Zhou X H, Xiang Z Q, et al. Simply discussion on the work of ground substrate survey: Taking Hainan Island as an example [J]. Geological Bulletin of China, 2023, 42(1): 68-75.
- [16]吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988: 125-301.  
Jilin Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional geology of Jilin Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 125-301.
- [17]夏德政, 石庆真, 张萍, 等. 长春市志·土地志[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1998: 19-23.  
Xia D Z, Shi Q Z, Zhang P, et al. Changchun chronicle: Land chronicle [M]. Changchun: Jilin People's Press, 1998: 19-23. (in Chinese)
- [18]邵海, 王英男, 殷志强, 等. 承德坝上高原如意河流域地表基质调查与编图探索[J]. 水文地质工程地质, 2023, 50(2): 150-159.  
Shao H, Wang Y N, Yin Z Q, et al. An exploration on investigation and mapping of ground substrate in Ruyi River Basin, Bashang Plateau, Chengde City [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2023, 50(2): 150-159.
- [19]卫晓锋, 王京彬, 孙厚云, 等. 基于地质建造探索承德市土地利用优化路径[J]. 水文地质工程地质, 2020, 47(6): 15-25.  
Wei X F, Wang J B, Sun H Y, et al. Exploration of land use optimization path based on geological formation in Chengde City [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2020, 47(6): 15-25.
- [20]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]. [http://gi.mnr.gov.cn/202012/t20201222\\_2596025.html](http://gi.mnr.gov.cn/202012/t20201222_2596025.html), 2020-12-22.  
Ministry of Natural Resources. Notice of the General Office of the Ministry of Natural Resources on publishing *The Classification Scheme of Surface Substrates (Trial)* [EB/OL]. [http://gi.mnr.gov.cn/202012/t20201222\\_2596025.html](http://gi.mnr.gov.cn/202012/t20201222_2596025.html), 2020-12-22. (in Chinese)