

松嫩平原北部五大连池-嫩江地区地表基质层 空间分布特征及理化性质研究

赵国强^{1,2}, 梁中恺^{1,2*}, 韩守德^{1,2}, 张明^{1,2}, 任广智^{1,2}, 李壮^{1,2}, 王旭^{1,2}

(1. 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 哈尔滨 150086;
2. 自然资源部哈尔滨黑土地地球关键带野外科学观测研究站, 哈尔滨 150086)

摘要:为更好地服务于自然资源管理和国土空间规划,2020年自然资源部首次提出地表基质这一概念。通过对地表基质层空间分布特征的研究,能够有效建立地下基岩与地上植被的关联关系,对自然资源的科学管理具有重要意义。本文选取松嫩平原北部五大连池-嫩江地区为研究区,通过洛阳铲、背包钻和汽车钻工作手段分别对2m、5m和20m以浅地表基质层垂向结构进行现场调查和采样,共完成调查点位1236个,采集样品1174件,分别采用环刀法、重铬酸钾氧化-外加加热法、凯式定氮法、X-荧光光谱法(XRF)和玻璃电极法测定土壤样品容重、有机碳、粒度和pH指标。结果显示:研究区划分为2个地表基质一级分区、6个地表基质二级分区、7个地表基质三级分区和18种地表基质构型。获取容重平均值为 $1.16\text{g}/\text{cm}^3$;有机质含量平均值为 $49.27\text{g}/\text{kg}$;表层土质pH平均值为5.88,0.5m pH平均值为5.89,1m pH平均值为5.88,1.5m pH平均值为5.87,2m pH平均值为5.86,5m pH平均值为6.06,均属于微酸级别;表层土质有机碳密度平均值为 $6.32\text{kg}/\text{m}^2$,有机碳总储量为145.02Tg。研究成果可为该地区自然资源管理、土地保护与开发利用提供参考。

关键词:松嫩平原;地表基质层;地表基质构型;理化性质;有机碳储量

中图分类号:S15 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2736(2025)09-0023-12

0 引言

2020年1月,自然资源部在《自然资源调查监测体系构建总体方案》^[1]中首次提出“地表基质层”一词,是指“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”。方案中明确要求将“地表基质调查”作为一项重要的自然资源专项调查工作,而查清地表基质类型、理化性质及地质景观属性成为此项工作的首要任务。作为一项新兴的调查工作,一些专家学者也做了大量的探索研究:郝爱兵等人对地表基质的概念和内涵进行了初步界定^[2-5];侯红星等人按照“构造—流程—作用—服务”的研究思路,构建了调查技术方法体系^[6-8];李响等人提出了地表基质“五位一体”的研究内容^[9-11];贾磊等人对地表基质的评价和编图进行了探

索^[12-14]。自然资源部办公厅印发的《地表基质分类方案(试行)》将地表基质划分为4个一级类和14个二级类^[15],为了更好的服务于自然资源统一管理和国土空间规划,一些专家学者对地表基质的科学内涵进行了深入剖析,提出了三级分类方案^[16,17]。韩晓增等^[18]建议分类体系应考虑地表基质理化性质和地质景观属性等,提出了四级分类方案。本文在《地表基质分类方案(试行)》分类标准基础上,选择松嫩平原北部五大连池-嫩江地区开展地表基质层平面分布与垂向构型研究,以期对不同地表基质分区条件下的地表基质构型和理化性质研究提供参考资料。

研究区是黑龙江省主要粮食生产基地,是我国粮食安全的保障和“压舱石”^[19-21]。因此,查明研究区各类自然资源地表基质层空间分布特征,掌握地表基质类型、构型、理化性质和对自然

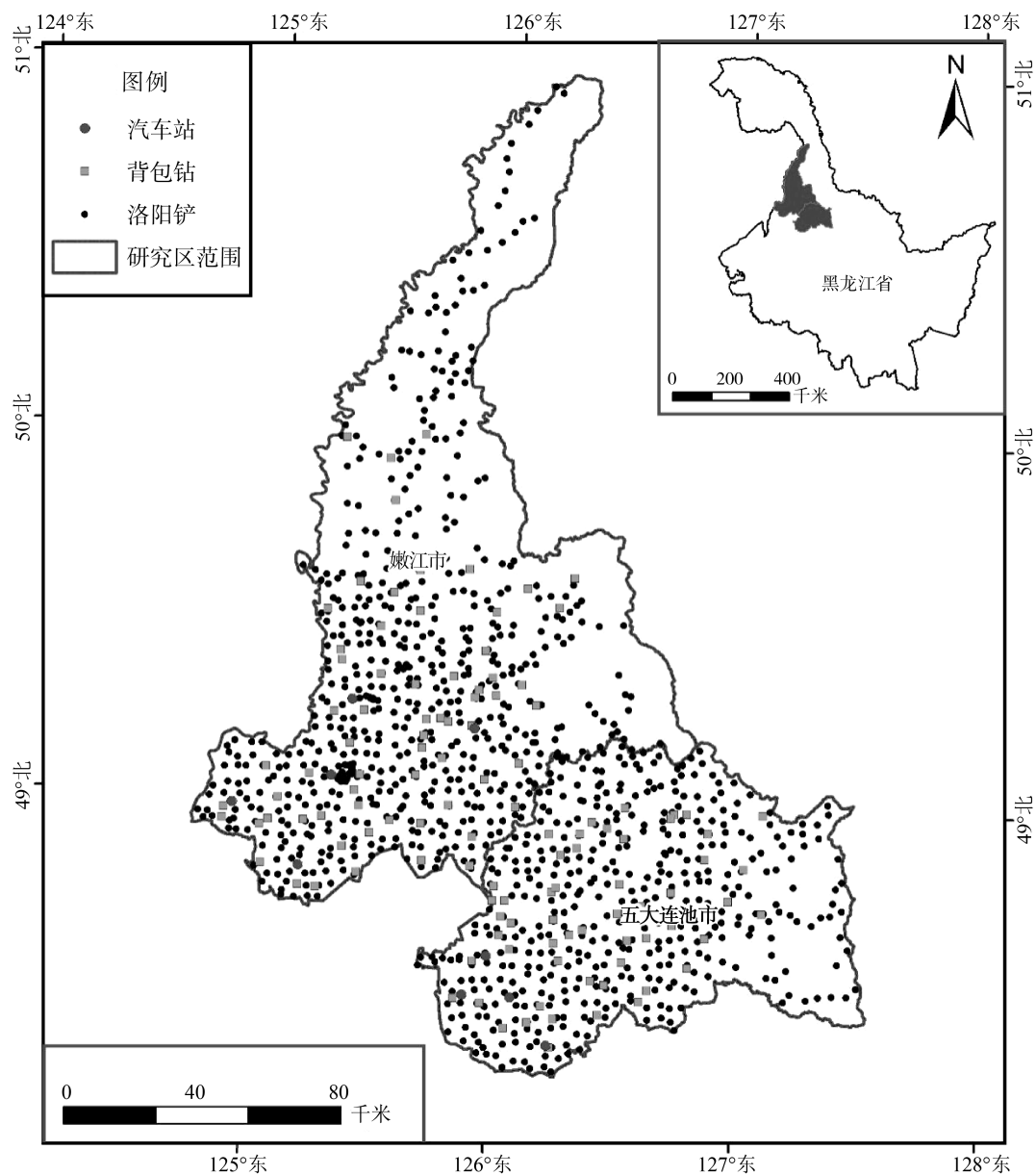


图1 研究区调查采样点位图

(审图号:GS(2019)1822号)

资源分布规律的影响和控制作用,有助于自然资源职能部门掌握各类自然资源赋存条件,对服务国家粮食安全和自然资源管理具有重要意义。

1 研究区概况

研究区位于松嫩平原北部,地理坐标:东经 $124^{\circ}44'$ – $127^{\circ}53'$,北纬 $47^{\circ}35'$ – $51^{\circ}00'$,包含五大连池市和嫩江市,总面积约 23956km^2 ,地形地貌表现为由东北的中低山、丘陵区过渡至西南的台地和阶地漫滩区,中部则是玄武岩台地断续分

布。研究区属寒温带大陆性季风气候,春季干燥、多风、少雨、易旱;夏季雨热同季,多洪涝;秋季干燥,昼夜温差大;冬季严寒漫长,常有暴雪、寒潮天气出现;年平均气温在 $0.8\text{--}1.4^{\circ}\text{C}$,年平均降水量为 $365\text{--}782\text{mm}$;全年积温在 2230°C 左右。该地区的土地利用结构以耕地为主,以玉米、小麦、大豆等作物为主。

研究区新元古界地层小面积出露于中部和东北部;古生界地层主要分布于北部及中部,东部有小面积出露,中生界地层出露广泛,集中分

布在研究区中部。新生界地层主要出露于南部、西南部,东部零星出露。

2 样品采集及研究方法

点位布设和样品采集按照分区、分类、分层次、网格化的原则,利用洛阳铲、背包钻和汽车钻手段分别揭示 2m、5m 和 20m 以浅地表基质层垂向结构(图 1),查明地表基质类型、构型、理化性质。共完成调查点位 1236 个,采集样品 1174 件。

网格样品的采集利用钢刀进行分层取样,样品经去除表皮后装入样袋中。容重样品的采集均在点位 1m 范围内采取,先用铁锹铲去表层覆土,将环刀垂直压入土层至土壤充满环刀,用钢刀从环刀侧面切入土中取出,将外壁泥土擦净装入盒内封装,返回实验室后进行称重、烘干。分别采用环刀法、重铬酸钾氧化-外加热法、凯式定氮法、X-荧光光谱法(XRF)和玻璃电极法^[22]测定表层土壤样品容重、有机碳、粒度和 pH 指标,为保证样品监测质量,在样品测试过程中实行质量监控测试,以减少系统分析误差。

3 地表基质层特征

3.1 单元分区

根据研究区地理位置、地形地貌、地质成因等条件,对地表基质分区进行划分。一级分区按照地理位置进行划分,选取小兴安岭隆起带和松嫩平原沉降带 2 个指标;二级分区按照地貌类型划分,选取中低山、丘陵、山间谷地、台地和阶地漫滩等 5 个指标;三级分区根据地质成因划分,

选取残积、残坡积和冲洪积等 3 个指标。

一级分区为小兴安岭隆起带地表基质区和松嫩平原沉降带地表基质区;二级分区为小兴安岭隆起带中低山地表基质区、小兴安岭隆起带丘陵地表基质区、小兴安岭隆起带山间谷地地表基质区、小兴安岭隆起带台地地表基质区、松嫩平原沉降带台地地表基质区和松嫩平原沉降带阶地漫滩地表基质区;三级分区为小兴安岭隆起带中低山残坡积地表基质区、小兴安岭隆起带丘陵残坡积地表基质区、小兴安岭隆起带山间谷地冲洪积地表基质区、小兴安岭隆起带台地残积地表基质区、小兴安岭隆起带台地残坡积地表基质区、松嫩平原沉降带台地冲洪积地表基质区和松嫩平原沉降带阶地漫滩冲洪积地表基质区(图 2,表 1)。

3.2 地表基质构型

本次工作在自然资源部发布的《地表基质分类方案(试行)》分类标准基础上,参考中国土壤系统分类土族和土系划分标准^[23],按照《岩石分类和命名方案 火成岩岩石分类和命名方案》(GB/T 17412.1-1998)^[24]、《岩石分类和命名方案 沉积岩岩石分类和命名方案》(GB/T 17412.2-1998)^[25]、《岩石分类和命名方案 变质岩岩石分类和命名方案》(GB/T 17412.3-1998)^[26]、《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001)^[27]、《土壤质量野外土壤描述》(GB/T 32726-2016/ISO 25177:2008)^[28]为依据。一级分类为岩石、砾质和土质 3 种类型。将岩石分为岩浆岩、沉积岩和变质岩 3 个二级类;将砾质分为中砾和细砾 2 个二级类;将土质分为砂土和壤土 2 个二级类。三

表 1 研究区地表基质单元分区表

| 一级分区 | 二级分区 | 三级分区 |
|--------------|-----------|---------------------|
| 小兴安岭隆起带地表基质区 | 中低山地表基质区 | 残坡积地表基质区 |
| | 丘陵地表基质区 | 残坡积地表基质区 |
| | 山间谷地地表基质区 | 冲洪积地表基质区 |
| | 台地地表基质区 | 残积地表基质区 残坡积地表基质区 |
| 松嫩平原沉降带地表基质区 | 台地地表基质区 | 冲洪积地表基质区 |
| | 阶地漫滩地表基质区 | 冲洪积地表基质区 |

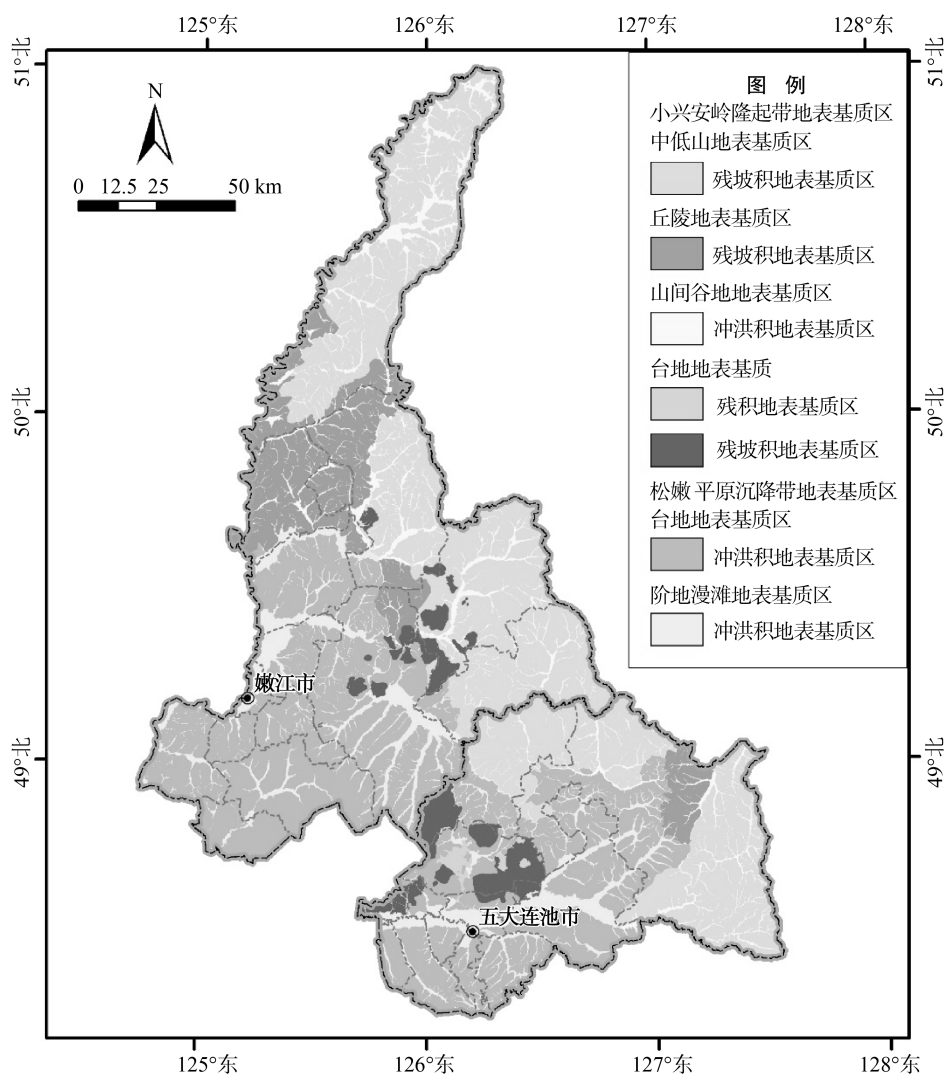


图2 研究区地表基质区划图

级分类包括:岩浆岩基质分为花岗岩、闪长岩、安山岩、玄武岩和流纹岩;沉积岩分为砂岩、泥岩和灰岩;变质岩分为板岩、片岩、片麻岩和变粒岩。中砾分为圆砾-卵石状中砾和角砾-碎石状中砾,细砾分为圆砾状细砾和角砾状细砾。砂土分为净砂土、壤质砂土和黏质砂土。壤土分为砂质壤土、净壤土和黏质壤土(表2)。按照地表基质类型、平面分布和垂向结构等特征,将研究区划分出18种地表基质构型(图3,表3)。

3.3 空间分布特征

小兴安岭隆起带地表基质区面积为13310.88 km²,占全区面积55.56%。地貌以中低山、丘陵和山间谷地为主,在嫩江市科洛镇和

五大连池市西发育大面积第四系玄武岩组成的熔岩台地。小兴安岭隆起带中低山残坡积地表基质区分布在嫩江市北部和东部、五大连池市北部和东部,面积为8165.15km²,占全区面积34.08%。地表基质构型主要为“土质+岩石”。土质为灰黑色-暗棕色壤土,受地形坡度和岩石抗风化能力的影响,厚度变化较大。中部为含砾砂土,砾石含量由上至下逐渐增多,成分与底部岩石一致。岩石可划分为岩浆岩、沉积岩、变质岩,岩浆岩包括玄武岩、安山岩、流纹岩、闪长岩和花岗岩,沉积岩包括砂岩、泥岩和灰岩,变质岩包括板岩、片岩、片麻岩、变粒岩和变火山岩。“壤土+花岗岩”构型分布面积最大,“壤土+砂

表 2 研究区地表基质类型划分表

| 一级类 | 二级类 | 三级类 | 分类方法 |
|-----|------|---|--|
| 岩石 | 岩浆岩 | 花岗岩、闪长岩、安山岩、玄武岩、流纹岩 | 参照《岩石分类和命名方案 火成岩岩石分类和命名方案》(GB/T 17412. 1-1998) |
| | 沉积岩 | 砂岩、泥岩、灰岩、 | 参照《岩石分类和命名方案 沉积岩岩石分类和命名方案》(GB/T 17412. 2-1998) |
| | 变质岩 | 板岩、片岩、片麻岩、变粒岩 | 参照《岩石分类和命名方案 变质岩岩石分类和命名方案》(GB/T 17412. 3-1998) |
| 砾质 | 中砾 | 圆砾-卵石状中砾 角砾-碎石状中砾 | 圆状、次圆状为主,粒度 4-64 mm 的颗粒体积含量 $\geq 75\%$ 棱角状、次棱角状为主,粒度 4-64 mm 的颗粒体积含量 $\geq 75\%$ |
| | 细砾 | 圆砾状细砾 角砾状细砾 | 圆状、次圆状为主,粒度 2-4 mm 的颗粒体积含量 $\geq 75\%$ 棱角状、次棱角状为主,粒度 2-4 mm 的颗粒体积含量 $\geq 75\%$ |
| 土质 | 砂土 | 净砂土 | 不同级别砾含量 $< 25\%$, 筛除砾质后细土部分砂粒含量 $\geq 75\%$ |
| | | 壤质砂土 | 不同级别砾含量 $< 25\%$, 筛除砾质后细土部分砂粒含量 $\geq 55\%$ 且 $< 75\%$, 黏粒含量 $< 25\%$ |
| | | 黏质砂土 | 不同级别砾含量 $< 25\%$, 筛除砾质后细土部分砂粒含量 $\geq 55\%$ 且 $< 75\%$, 黏粒含量 $\geq 25\%$ |
| | 壤土 | 砂质壤土 | 不同级别砾含量 $< 25\%$, 筛除砾质后细土部分砂粒含量 $\geq 35\%$ 且 $< 55\%$, 黏粒含量 $< 35\%$ |
| | | 净壤土 | 不同级别砾含量 $< 25\%$, 筛除砾质后细土部分砂粒含量 $< 35\%$, 黏粒含量 $< 25\%$ |
| | 黏质壤土 | 不同级别砾含量 $< 25\%$, 筛除砾质后细土部分砂粒含量 $< 35\%$, 黏粒含量 $\geq 25\%$ 且 $< 35\%$ | |

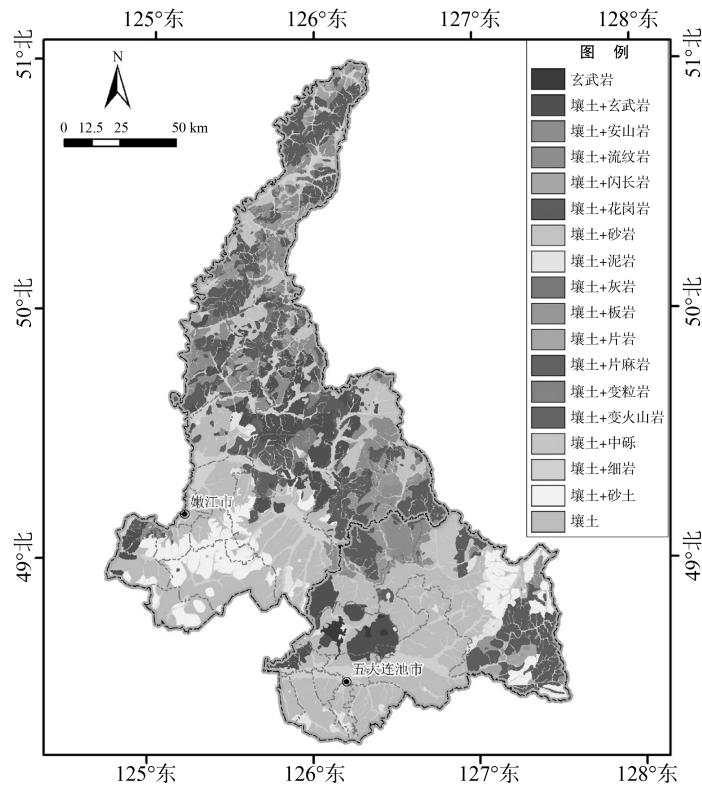


图 3 研究区地表基质构型图

表 3 研究区地表基质构型划分表

| 一级分区 | 面积(km ²) | 二级分区 | 面积(km ²) | 三级分区 | 构型 | 面积(km ²) |
|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|---------|----------------------|
| 小兴安岭 隆起带地 表基质区 | 13310.88 | 小兴安岭隆起 带中低山地表 基质区 | 8165.15 | 小兴安岭隆起 带中低山残坡积 地表基质区 | 壤土+玄武岩 | 469.59 |
| | | | | | 壤土+安山岩 | 437.85 |
| | | | | | 壤土+流纹岩 | 994.79 |
| | | | | | 壤土+闪长岩 | 130.81 |
| | | | | | 壤土+花岗岩 | 3289.31 |
| | | | | | 壤土+砂岩 | 1147.29 |
| | | | | | 壤土+泥岩 | 15.68 |
| | | | | | 壤土+灰岩 | 149.32 |
| | | | | | 壤土+板岩 | 712.05 |
| | | | | | 壤土+片岩 | 93.62 |
| | | | | | 壤土+片麻岩 | 17.33 |
| | | | | | 壤土+变粒岩 | 54.92 |
| | | | | | 壤土+变火山岩 | 38.61 |
| | | | | | 壤土+砂土 | 365.44 |
| | | | | | 壤土 | 248.55 |
| | | 壤土+玄武岩 | 269.98 | | | |
| | | 壤土+安山岩 | 75.96 | | | |
| | | 壤土+流纹岩 | 383.19 | | | |
| | | 壤土+闪长岩 | 31.98 | | | |
| | | 壤土+花岗岩 | 521.25 | | | |
| | | 壤土+砂岩 | 347.41 | | | |
| | | 壤土+泥岩 | 11.24 | | | |
| | | 壤土+灰岩 | 134.29 | | | |
| | | 壤土+板岩 | 1.02 | | | |
| | | 壤土+片麻岩 | 40.91 | | | |
| | | 壤土+变粒岩 | 112.47 | | | |
| | | 壤土+变火山岩 | 52.28 | | | |
| 壤土+中砾 | 2.55 | | | | | |
| 壤土+砂土 | 287.04 | | | | | |
| 壤土 | 39.70 | | | | | |
| 壤土+细砾 | 1720.26 | | | | | |
| 壤土 | 13.06 | | | | | |
| 玄武岩 | 97.47 | | | | | |
| 壤土+玄武岩 | 1003.65 | | | | | |
| 壤土+玄武岩 | 352.72 | | | | | |
| 壤土+安山岩 | 94.47 | | | | | |
| 壤土+流纹岩 | 100.65 | | | | | |
| 壤土+花岗岩 | 107.66 | | | | | |
| 壤土+砂岩 | 33.11 | | | | | |
| 壤土+泥岩 | 457.99 | | | | | |
| 壤土+板岩 | 1.01 | | | | | |
| 壤土+片麻岩 | 276.61 | | | | | |
| 壤土+变粒岩 | 17.81 | | | | | |
| 壤土+变火山岩 | 41.66 | | | | | |
| 壤土+中砾 | 29.28 | | | | | |
| 壤土+砂土 | 1220.50 | | | | | |
| 壤土 | 5686.57 | | | | | |
| 壤土+细砾 | 2172.94 | | | | | |
| 壤土 | 52.15 | | | | | |
| 松嫩平原沉 降带地表 基质区 | 10645.12 | 松嫩平原沉 降带台地地 表基质区 | 8420.03 | 松嫩平原沉 降带台地冲 洪积地表基 质区 | 壤土+玄武岩 | 469.59 |
| | | | | | 壤土+安山岩 | 437.85 |
| | | | | | 壤土+流纹岩 | 994.79 |
| | | | | | 壤土+花岗岩 | 130.81 |
| | | | | | 壤土+砂岩 | 1147.29 |
| 壤土+泥岩 | 15.68 | | | | | |
| 壤土+灰岩 | 149.32 | | | | | |
| 壤土+板岩 | 712.05 | | | | | |
| 壤土+片麻岩 | 93.62 | | | | | |
| 壤土+变粒岩 | 54.92 | | | | | |
| 壤土+变火山岩 | 38.61 | | | | | |
| 壤土+砂土 | 365.44 | | | | | |
| 壤土 | 248.55 | | | | | |
| 壤土+玄武岩 | 269.98 | | | | | |
| 壤土+安山岩 | 75.96 | | | | | |
| 壤土+流纹岩 | 383.19 | | | | | |
| 壤土+闪长岩 | 31.98 | | | | | |
| 壤土+花岗岩 | 521.25 | | | | | |
| 壤土+砂岩 | 347.41 | | | | | |
| 壤土+泥岩 | 11.24 | | | | | |
| 壤土+灰岩 | 134.29 | | | | | |
| 壤土+板岩 | 1.02 | | | | | |
| 壤土+片麻岩 | 40.91 | | | | | |
| 壤土+变粒岩 | 112.47 | | | | | |
| 壤土+变火山岩 | 52.28 | | | | | |
| 壤土+中砾 | 2.55 | | | | | |
| 壤土+砂土 | 287.04 | | | | | |
| 壤土 | 39.70 | | | | | |
| 壤土+细砾 | 1720.26 | | | | | |
| 壤土 | 13.06 | | | | | |
| 玄武岩 | 97.47 | | | | | |
| 壤土+玄武岩 | 1003.65 | | | | | |
| 壤土+玄武岩 | 352.72 | | | | | |
| 壤土+安山岩 | 94.47 | | | | | |
| 壤土+流纹岩 | 100.65 | | | | | |
| 壤土+花岗岩 | 107.66 | | | | | |
| 壤土+砂岩 | 33.11 | | | | | |
| 壤土+泥岩 | 457.99 | | | | | |
| 壤土+板岩 | 1.01 | | | | | |
| 壤土+片麻岩 | 276.61 | | | | | |
| 壤土+变粒岩 | 17.81 | | | | | |
| 壤土+变火山岩 | 41.66 | | | | | |
| 壤土+中砾 | 29.28 | | | | | |
| 壤土+砂土 | 1220.50 | | | | | |
| 壤土 | 5686.57 | | | | | |
| 壤土+细砾 | 2172.94 | | | | | |
| 壤土 | 52.15 | | | | | |
| 松嫩平原沉 降带阶地漫 滩地表基质区 | 2225.09 | 松嫩平原沉 降带阶地漫 滩地表基质区 | 2225.09 | 松嫩平原沉降带 阶地漫滩冲洪积 地表基质区 | 壤土+细砾 | 2172.94 |
| | | | | | 壤土 | 52.15 |

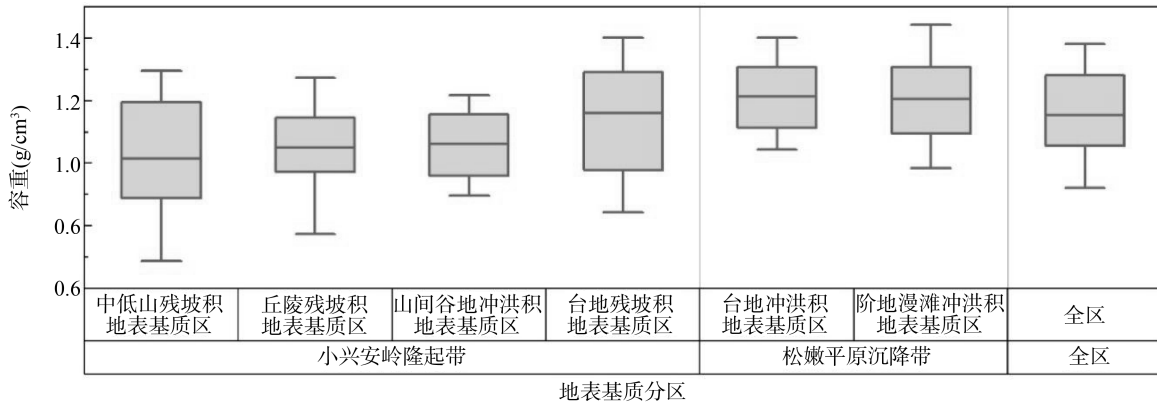


图 4 不同地表基质分区容重值箱线图

表 4 容重值统计表

单位: g/cm³

| 分区 | 小兴安岭隆起带 | | | 松嫩平原沉降带 | | | 全区 |
|-----|-------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------|
| | 中低山残坡积地表基质区 | 丘陵残坡积地表基质区 | 山间谷地冲洪积地表基质区 | 台地残坡积地表基质区 | 台地冲洪积地表基质区 | 阶地漫滩冲洪积地表基质区 | |
| 平均值 | 1.01 | 1.05 | 1.06 | 1.16 | 1.21 | 1.21 | 1.16 |

岩”构型次之,“壤土+片麻岩”构型分布面积最小。母质成因以残坡积为主。小兴安岭隆起带丘陵残坡积地表基质区分布在五大连池市东北部、嫩江市中部,面积为 2311.29km²,占全区面积 9.65%,地表基质构型主要为“土质+岩石”。土质为灰黑色-暗棕色壤土,中部为含砾壤土,砾石含量由上至下逐渐增多,成分与底部岩石一致。岩石可划分为岩浆岩、沉积岩、变质岩,岩浆岩包括玄武岩、安山岩、流纹岩、闪长岩和花岗岩,沉积岩包括砂岩、泥岩、灰岩,变质岩包括板岩、片麻岩、变粒岩和变火山岩。“壤土+花岗岩”“壤土+流纹岩”“壤土+砂岩”3种构型分布面积相对较大,“壤土+板岩”构型分布面积最小。母质成因以残坡积为主。小兴安岭隆起带山间谷地冲洪积地表基质区分布在五大连池市东部和北部、嫩江市东部及中北部,面积 1733.32km²,占全区面积 7.24%。地表基质构型主要为“壤土+砾质”。土质为灰黑色壤土。砾质主要为细砾,砾石成分为花岗质、长英质、泥质,呈次棱角-椭圆状,磨圆较好,分选一般。母质成因以冲洪积为主;小兴安岭隆起带台地残坡积地表基质区分布在嫩江市科洛镇、五大连池市五大连池镇,面积为

1101.12km²,占全区面积 4.60%。地表基质构型主要为“壤土+玄武岩/玄武质浮岩”。土质为灰黑色-棕色壤土。岩石成分为玄武岩/玄武质浮岩。母质成因以残坡积为主。

松嫩平原沉降带地表基质区面积为 10645.12km²,占全区面积 44.44%。地貌以台地、阶地漫滩为主,地形起伏明显,但高差较小。松嫩平原沉降带台地冲洪积地表基质区分布在五大连池中部和西南部、嫩江中部和西部,面积为 8420.03km²,占全区面积 35.15%。地表基质构型相对复杂,为“土质”和“土质+岩石”构型。“土质”构型分布面积较广,划分为“壤土+砂土”“壤土”。“壤土”构型表层土质为灰黑色壤土,随深度增加颜色变浅,下部土质为棕黄色壤土,少量褐色、青色壤土,常呈团块状,较表层紧实;“壤土+砂土”构型表层土质与“壤土”构型相似,下部土质为浅黄色砂土,呈砂粒状,相对松散,常夹杂大小不等砾石。母质成因以冲洪积为主。“土质+岩石”构型表层土质与“土质”构型近似,岩石可划分为岩浆岩、沉积岩、变质岩,岩浆岩包括玄武岩、安山岩、流纹岩、花岗岩,沉积岩包括砂岩、泥岩,变质岩包括板岩、片麻岩、变粒岩、

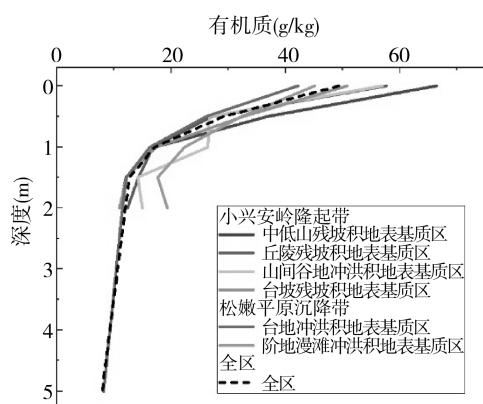


图 5 有机质含量平均值折线图

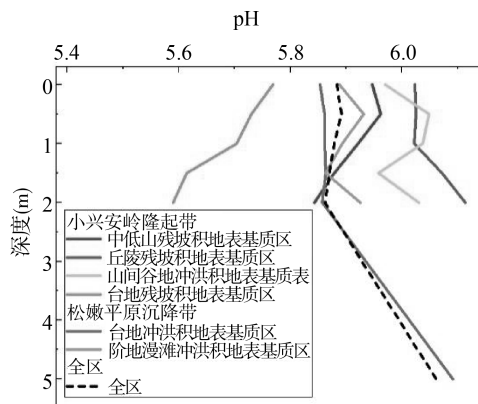


图 6 pH 平均值折线图

变火山岩。母质成因以残坡积为主。松嫩平原沉降带阶地漫滩冲洪积地表基质区分布在讷谟尔河、科洛河、门鲁河等主要河流及其支流地带，面积为 2225.09km²，占全区面积 9.29%，地表基质构型主要为“壤土+砾质”。土质为灰黑色壤土。砾质主要为细砾，砾石成分为花岗质、长英质、泥质，呈次棱角-椭圆状，磨圆较好，分选差，含大量砂土。母质成因以冲洪积为主。

3 地表基质层理化性质

3.1 容重

松嫩平原沉降带台地冲洪积地表基质区和阶地漫滩冲洪积地表基质区容重平均值最大，两个区平均值均为 1.21g/cm³，小兴安岭隆起带中低山残坡积地表基质区容重平均值最小，为 1.01g/cm³。各分区容重平均值从大到小表现为：松嫩平原沉降带台地冲洪积地表基质区、松嫩平原沉降带阶地漫滩冲洪积地表基质区>小兴安岭隆起带台地残坡积地表基质区>小兴安岭隆起带山间谷地冲洪积地表基质区小兴安岭隆起带丘陵残坡积地表基质区>小兴安岭隆起带中低山残坡积地表基质区(图 4,表 4)。

松嫩平原沉降带地表基质区容重值高于小兴安岭隆起带地表基质区，与该分区耕地分布面积大、开垦时间长有关；小兴安岭隆起带地表基质区内台地残坡积地表基质区相对其他分区容重平均值高，但低于松嫩平原沉降带地表基质

区，可能与该分区开垦时间较晚有关。

3.2 粒度

研究区土壤粒度在垂向上变化有所差异，小兴安岭隆起带中低山残坡积地表基质区、丘陵残坡积地表基质区、山间谷地冲洪积地表基质区和松嫩平原沉降带阶地漫滩冲洪积地表基质区下部多为岩石、砂砾石，土质样品数据含量随深度增加逐渐变少，局部显示从壤土过渡至砂土，粒度变粗的趋势。小兴安岭隆起带台地冲洪积地表基质区由于构型相对复杂，在“壤土+岩石”和“壤土+砂土”构型中显示出垂向上从壤土过渡至砂土的趋势，砂粒含量增多，粒度变粗；而在“壤土”构型分布区，粒度在垂向上无明显变化，显示均为壤土。

3.3 有机质

研究区表层土质有机质含量平均值差异较大，小兴安岭隆起带地表基质区整体高于松嫩平原沉降带地表基质区。小兴安岭隆起带中低山残坡积地表基质区最高，为 66.34g/kg；松嫩平原沉降带台地冲洪积地表基质区最低，为 42.20g/kg。在 2m 处，松嫩平原沉降带阶地漫滩冲洪积地表基质区有机质含量平均值高于其他分区，与该分区沼泽湿地分布面积较大，泥炭埋深较深有关，其他分区有机质含量平均值接近一致(图 5,表 5)。

3.4 pH 值

研究区表层土质 pH 平均值为 5.88,0.5m

表 5 有机质含量统计表

单位:g/kg

| 深度 | 小兴安岭隆起带 | | | 松嫩平原沉降带 | | | 全区 |
|------|-------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|-------|
| | 中低山残坡积地表基质区 | 丘陵残坡积地表基质区 | 山间谷地冲洪积地表基质区 | 台地残坡积地表基质区 | 台地冲洪积地表基质区 | 阶地漫滩冲洪积地表基质区 | |
| 表层 | 66.34 | 57.65 | 56.89 | 50.77 | 42.20 | 45.12 | 49.27 |
| 0.5m | 36.72 | 27.07 | 26.71 | 32.51 | 26.07 | 32.28 | 29.06 |
| 1.0m | 17.18 | 16.83 | 26.38 | 17.30 | 16.20 | 22.30 | 17.13 |
| 1.5m | 12.10 | 14.29 | 14.14 | 12.13 | 12.12 | 17.61 | 12.73 |
| 2.0m | 11.06 | 12.37 | 14.91 | 10.96 | 11.48 | 19.29 | 11.97 |
| 5.0m | | | | | 8.19 | | 7.93 |

表 6 地表基质分区 pH 值统计表

| 深度 | 小兴安岭隆起带 | | | 松嫩平原沉降带 | | | 全区 |
|------|-------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------|
| | 中低山残坡积地表基质区 | 丘陵残坡积地表基质区 | 山间谷地冲洪积地表基质区 | 台地残坡积地表基质区 | 台地冲洪积地表基质区 | 阶地漫滩冲洪积地表基质区 | |
| 表层 | 5.95 | 6.02 | 5.97 | 5.77 | 5.85 | 5.89 | 5.88 |
| 0.5m | 5.96 | 6.03 | 6.05 | 5.73 | 5.86 | 5.93 | 5.89 |
| 1.0m | 5.92 | 6.02 | 6.04 | 5.70 | 5.86 | 5.89 | 5.88 |
| 1.5m | 5.88 | 6.07 | 5.96 | 5.61 | 5.86 | 5.86 | 5.87 |
| 2.0m | 5.84 | 6.11 | 6.03 | 5.59 | 5.86 | 5.93 | 5.86 |
| 5.0m | | | | | 6.09 | | 6.06 |

pH 平均值为 5.89,1m pH 平均值为 5.88,1.5m pH 平均值为 5.87,2m pH 平均值为 5.86,5m pH 平均值为 6.06,均属于微酸级别。pH 平均值随深度增加变化幅度较小且无明显规律(图 6,表 6)。

3.5 有机碳储量

研究区小兴安岭隆起带地表基质区土质有机碳密度整体高于松嫩平原沉降带地表基质区。小兴安岭隆起带中低山残坡积地表基质区表层土质有机碳密度平均值最大,为 7.31kg/m²,松

嫩平原沉降带台地冲洪积地表基质区表层土质有机碳密度平均值最小,为 5.84kg/m²。各分区有机碳密度平均值从大到小表现为:小兴安岭隆起带中低山残坡积地表基质区>小兴安岭隆起带山间谷地冲洪积地表基质区>小兴安岭隆起带丘陵残坡积地表基质区>小兴安岭隆起带台地残坡积地表基质区>松嫩平原沉降带阶地漫滩冲洪积地表基质区>松嫩平原沉降带台地冲洪积地表基质区(图 7,表 7)。

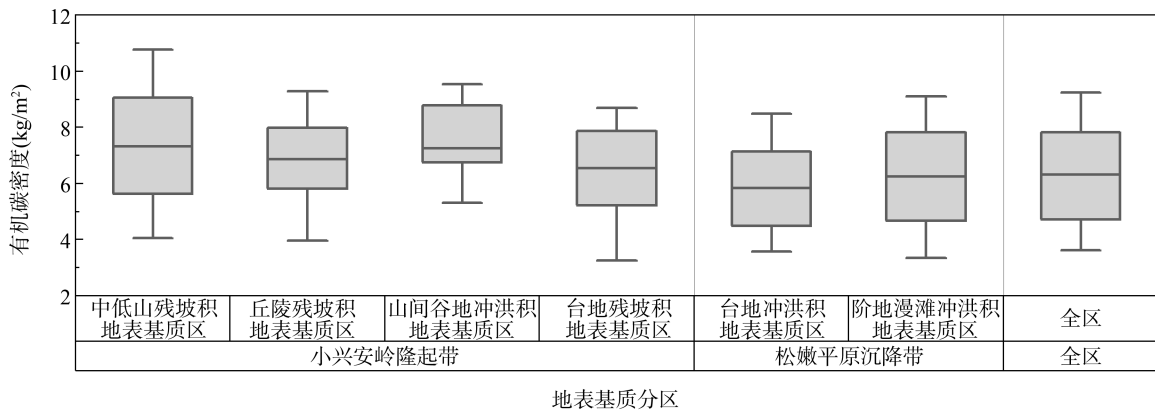


图 7 不同地表基质分区有机碳密度箱线图

表 7 有机碳密度统计表

单位:kg/m²

| 分区 | 小兴安岭隆起带 | | | 松嫩平原沉降带 | | | 全区 |
|-----|-------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------|
| | 中低山残坡积地表基质区 | 丘陵残坡积地表基质区 | 山间谷地冲洪积地表基质区 | 台地残坡积地表基质区 | 台地冲洪积地表基质区 | 阶地漫滩冲洪积地表基质区 | |
| 平均值 | 7.31 | 6.86 | 7.05 | 6.62 | 5.84 | 6.61 | 6.32 |

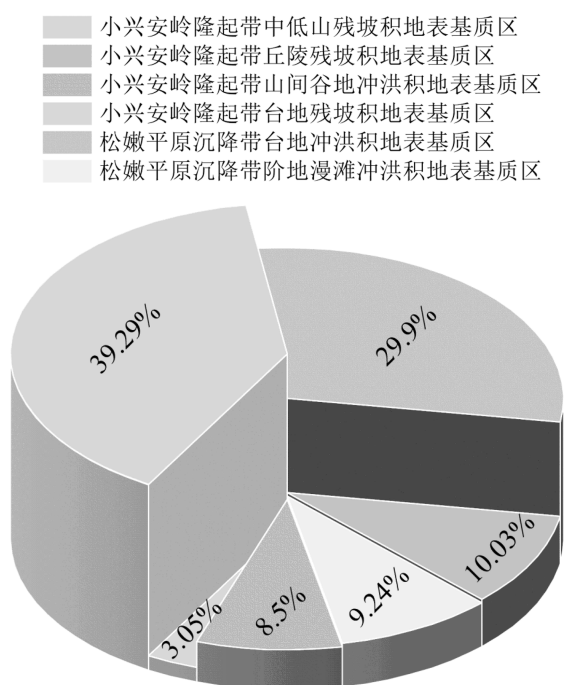


图 8 不同地表基质分区有机碳储量占比图

研究区小兴安岭隆起带中低山残坡积地表基质区表层土质有机碳储量最大,为 56.98Tg, 占总储量的 39.29%;小兴安岭隆起带台地残坡积地表基质区表层土质有机碳储量最小,为 4.42Tg, 占总储量的 3.05%(图 8)。

4 结论

(1)研究区地表基质分区可划分为 2 个地表基质一级分区、6 个地表基质二级分区和 7 个地表基质三级分区,识别出 18 种地表基质构型。小兴安岭隆起带中低山、丘陵残坡积地表基质区地表基质构型主要表现为“土质+岩石”;小兴安岭隆起带山间谷地冲洪积地表基质区和松嫩平原沉降带阶地漫滩冲洪积地表基质区地表基质构型主要表现为“土质+砾质”;松嫩平原沉降带台地冲洪积地表基质区地表基质构型主要表现

为“土质”和“土质+岩石”;小兴安岭隆起带台地残积、残坡积地表基质区地表基质构型主要表现为“土质+玄武岩/玄武质浮岩”。

(2)研究区容重整体呈现东部、北部过松,中部适宜,西南部紧实的特点,平均值为 1.16g/cm³;表层土质粒度以壤土为主,部分地区为砂质壤土;表层土质有机质含量平均值为 49.27g/kg,呈现北高南低、东高西低的特点;pH 值酸性土质主要分布在五大连池市中部、西南部,嫩江市土质属微酸性,中性土质零星分布;有机碳密度整体呈现西低东高的空间分布格局,低值区主要在西部呈片状分布,高值区主要在东南部呈团块状分布,全区表层土质有机碳密度平均值为 6.32kg/m²;有机碳总储量为 145.02Tg。

(3)本次研究为松嫩平原北部五大连池—嫩江地区地表基质层空间分布及理化性质特征研究提供了科学数据,对指导该地区的自然资源管理和土地保护与合理开发利用具有重要价值。

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(自然资发[2020]15号)[J].自然资源通讯,2020,000(002):13-22.

[2] 郝爱兵,殷志强,李洪宇,等.地表基质的科学内涵与理论框架[J].地质学报,2024,98(11):3225-3237.

[3] 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(01):144-151.

[4] 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.

[5] 王献,鲁敏,侯红星,等.山区平原过渡区土质地表基质空间异质性特征分析:以河北省易县东部地

- 区为例[J]. 中国地质调查, 2023, 10(03): 60-66.
- [6] 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(03): 277-288.
- [7] 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(02): 81-89.
- [8] 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(03): 1-12.
- [9] 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(01): 68-75.
- [10] 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(09): 2264-2276.
- [11] 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(09): 4-11+67.
- [12] 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(04): 140-157.
- [13] 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(02): 150-159.
- [14] 刘洪, 李文昌, 欧阳渊, 等. 基于地质建造的西南山区生态地质编图探索与实践: 以邛海-泸山地区为例[J]. 地质学报, 2023, 97(02): 623-638.
- [15] 自然资源部办公厅. 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[J]. 自然资源通讯, 2021, 000(002): 34-37.
- [16] 裴小龙, 祝晓松, 冯欣, 等. 基于自然资源统一管理的地表基质模型、分类及调查研究[J]. 地质通报, 2024, 43(09): 1530-1543.
- [17] 刘清俊, 刘雨鑫, 王颖, 等. 地表基质三级分类方案探讨[J]. 城市地质, 2023, 18(01): 1-8.
- [18] 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(06): 8-14.
- [19] 韩晓增, 邹文秀, 杨帆. 东北黑土地保护利用取得的主要成绩、面临挑战与对策建议[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(10): 1194-1202.
- [20] 梁爱珍, 李禄军, 祝惠. 科技创新推进黑土地保护与利用, 齐力维护国家粮食安全: 用好养好黑土地的对策建议[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(05): 557-564.
- [21] 白焱. 东北黑土地的危机与拯救. 生态经济, 2021, 37(01): 9-12.
- [22] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [23] 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(04): 826-834.
- [24] 中华人民共和国地质矿产部. 岩石分类和命名方案 火成岩岩石分类和命名方案: GB/T 17412. 1-1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [25] 中华人民共和国地质矿产部. 岩石分类和命名方案 火成岩岩石分类和命名方案: GB/T 17412. 2-1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [26] 中华人民共和国地质矿产部. 岩石分类和命名方案 火成岩岩石分类和命名方案: GB/T 17412. 3-1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [27] 高大钊. «岩土工程勘察规范»(GB50021—2001)的修订[J]. 建筑结构, 2002, 31(12): 62-65.
- [28] 全国土壤质量标准化技术委员会(SAC/TC 404). 土壤质量 野外土壤描述: GB/T 32726-2016[S]. 中国标准出版社, 2016.

作者简介:

第一作者: 赵国强, 男, 1991年生, 山东临沂人, 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 助理工程师。主要研究方向为地质工程。Email: 1369255947@qq.com;
 通讯作者: 梁中恺, 男, 1988年生, 黑龙江拜泉人, 硕士, 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 高级工程师。主要研究方向为地质工程。Email: lzk_cindy@126.com

Study on the Spatial Distribution Characteristics and Physicochemical Properties of the Surface Substrate Layer in the Wudalianchi–Nenjiang Area of the Northern Songnen Plain

ZHAO Guoqiang^{1,2}, LIANG Zhongkai^{1,2*}, HAN Shoude^{1,2}, ZHANG Ming^{1,2},
REN Guangzhi^{1,2}, LI Zhuang^{1,2}, WANG Xu^{1,2}

(1. Harbin Center for Integrated Natural Resources Survey, China Geological Survey, Harbin 150086, China;
2. Observation and Research Station of Earth Critical Zone in Black Soil, Harbin, Ministry of Natural Resources,
Harbin 150086, China)

Abstract: To better serve natural resource management and territorial spatial planning, the concept of surface substrate was first proposed by the Ministry of Natural Resources in 2020. By studying the spatial distribution characteristics of the surface substrate layer, it is possible to effectively establish the correlation between underground bedrock and above-ground vegetation, which is of great significance for the scientific management of natural resources. This paper selects the Wudalianchi–Nenjiang area in the northern part of the Songnen Plain as the research area. Using tools such as Luoyang shovels, backpack drills, and car drills, field investigations and sampling were conducted on the vertical structure of the surface substrate layer at depths of 2m, 5m, and 20m. A total of 1236 survey points were completed, and 1174 samples were collected. The soil sample bulk density, organic carbon, particle size, and pH indicators were determined using ring knife method, potassium dichromate oxidation – external heating method, Kjeldahl nitrogen determination method, X-ray fluorescence spectrometry (XRF), and glass electrode method respectively. The results show that the study area is divided into 2 primary surface substrate zones, 6 secondary surface substrate zones, 7 tertiary surface substrate zones, and 18 types of surface substrate configurations. The average bulk density obtained is $1.16\text{g}/\text{cm}^3$; the average organic matter content is $49.27\text{g}/\text{kg}$; the average pH value of the topsoil is 5.88, with an average pH value of 5.89 at 0.5m, 5.88 at 1m, 5.87 at 1.5m, 5.86 at 2m, and 6.06 at 5m, all belonging to a slightly acidic level; the average organic carbon density of the topsoil is $6.32\text{kg}/\text{m}^2$, and the total organic carbon storage is 145.02Tg. The research results can provide a reference for natural resource management, land protection, and development and utilization in this region to a certain extent.

Key words: Songnen Plain; surface substrate layer; surface substrate configuration; physicochemical properties; organic carbon storage