

# 地表基质遥感调查主要内容及方法探讨

李东辉, 孙肖\*, 霍润斌, 何威荣, 王雁亮

(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:**地表基质调查的核心问题聚焦于其调查内容的确定与技术方法的探索,而遥感技术凭借其卓越的空间、时间、波谱及辐射分辨率特性,在地表基质调查中扮演着至关重要的角色,成为一项关键的支撑技术。本文从地表基质要素、自然资源要素、环境要素和人为要素4个方面总结了地表基质调查中遥感工作的主要内容和方法。将遥感技术应用于保定地区地表基质调查,基本查明了该地区的地表基质要素信息,掌握了主要的自然资源要素和环境要素情况,梳理总结了地表基质遥感调查的基本工作流程。通过实际应用发现,遥感技术不仅可以准确地获取地表基质基本信息,而且可以更好地为综合调查提供基础资料、辅助支撑、拓展研究,对于加快建立自然资源统一调查、监测、评价制度,健全自然资源监管体制具有重大意义。

**关键词:**地表基质;自然资源;遥感解译;人为因素;保定地区

**中图分类号:** P962      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-2736(2025)03-0044-8

## 0 引言

2020年,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》),首次提出“地表基质”一词<sup>[1]</sup>。葛良胜等学者对地表基质的基本概念、分类等内容进行了研究<sup>[2,3]</sup>。侯红星等则对地表基质调查的要素指标、内容、方法等问题进行了探索<sup>[4]</sup>。由于地表基质及其孕育支撑的各类自然资源种类繁多、结构复杂、分布范围广且不均衡,全面开展地面综合调查需要耗费大量的人力、物力和财力,探索更为便捷准确的调查方法是目前综合调查工作所面临的主要问题之一。

遥感是人类认识事物的重要手段。随着我国卫星遥感技术的飞速发展,国产卫星遥感影像的分辨率不断提高,遥感技术已显现出高空间分辨率、高光谱分辨率、高时间分辨率、高辐射分辨率的新特征<sup>[5,6]</sup>。遥感技术能够大范围、多尺度、全天候、高精度、多频率、动态、高效地获取地面信息,在更多的应用新领域中得到了很好地应用<sup>[7]</sup>。利用遥感技术对地球表面实施感应遥测

和资源管理的监视(如草地、土壤、林地等)结合起来的一种新技术,且成本较低,是支撑地表基质调查工作的有效手段。

目前,已有众多学者对遥感技术在自然资源调查中的应用进行了探索,总结了许多有借鉴意义的工作方法和经验<sup>[8-11]</sup>。然而,目前遥感技术在地表基质调查领域的运用及其相关研究尚显不足。鉴于此,迫切需要深化遥感技术在地表基质调查中的探索与应用研究。本文依托高分一号、高分二号及Landsat-8等卫星的遥感影像资料作为信息来源,通过保定地区地表基质调查的试点项目实践,归纳了地表基质遥感调查的核心内容与通用技术手段,并成功获取了保定地区地表基质的基础性信息。同时,本文还分析了当前地表基质遥感调查面临的挑战,并指明了未来研究的重点方向,为全面铺开地表基质相关工作奠定了坚实的基础。

## 1 解译主要内容

### 1.1 地表基质要素

按照地表基质发育全过程,综合地质学等学

科中的概念,从形态学上进行整体性区分,将地表基质划分为“4类3级”,明确了一级类、二级类的名称,给出了三级类的分类原则和基本要求。侯红星等根据实际工作详细划分了三级类的调查要素-属性指标体系。

岩石地表基质遥感解译内容主要包括,划定岩石一级类界线,区分岩浆岩、沉积岩、变质岩3个二级类。通过对遥感影像进行波段组合、图像融合、增强,运用光谱分析、纹理特征分析、地貌特征分析等方法建立解译标志,开展人机交互解译,对地表基质岩石单元进行划分<sup>[12]</sup>。

砾质是岩石发育的产物。遥感解译内容主要包括,划定砾质一级类界线,区分巨砾、粗砾、中砾、细砾4个二级类。砾质主要分布在山前冲洪积平原及大型盆地周边等处<sup>[13]</sup>。砾质结构在平原区为砂、砾石夹砂层透镜体;在细土平原区为亚砂土或亚黏土与砂或含砾、砂互层。

土质是砾质物质的进一步发育。遥感解译内容主要包括,划定土质一级类界线,区分粗骨土、砂土、壤土、黏土4个二级类。在实地采集样品的基础上,高光谱遥感技术可以快速、宏观地反演土质地表基质的重金属、有机质、pH等信息<sup>[14-16]</sup>。

泥质是指长期处在静水或缓慢的流水水体

底部的特殊壤土、黏土。遥感解译内容主要包括,划定泥质一级类界线,区分淤泥、软泥和深海黏土3个二级类。陆地部分泥质一般分布于季节性河流两侧、湿地沼泽和水库水面附近。

### 1.2 自然资源要素

自然资源调查涵盖多个要素,本文遵循以地表基质要素为核心,其他要素为补充的原则,对与地表基质相关联的自然资源要素的核心内容进行了整理(图1),主要包括土地的类型、数量、质量、分布等基础的属性信息以及动态监测、矿产资源要素、林草资源、水体等信息。

### 1.3 环境要素

环境要素主要包括地质灾害和地形地貌。地质灾害中滑坡、泥石流的发生会导致局部地表基质类型的改变。地形地貌对于地表基质要素、自然资源要素等的解译具有支撑作用,地形地貌的改变也直接导致地表基质类型及范围发生变化<sup>[17]</sup>。

### 1.4 人为要素

人类重大工程会导致地表基质类型改变。例如,三峡水库消落带对库岸稳定性、入库泥沙和水质有重要的影响<sup>[18]</sup>。入库泥沙及早期建库使用土地经过三峡水库水体长期作用会变成泥

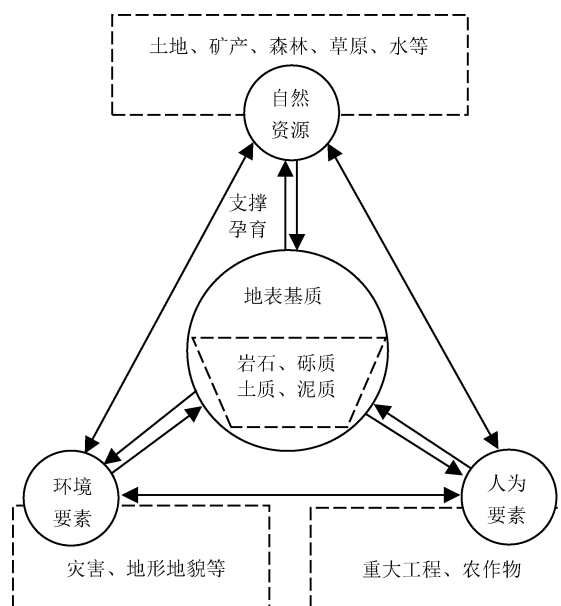


图1 地表基质遥感解译内容及其关系

质;填海造陆工程会将原有泥质地表基质改变成为土质。农作物的生长对于地表基质理化性质的改变影响比较大。由于自然原因及不合理的人类活动使得东北黑土功能严重退化,水土流失日趋剧烈,土壤层遭到破坏甚至消失<sup>[19]</sup>。

## 2 主要技术方法

### 2.1 工作流程

本次工作中地表基质遥感工作流程如下:一是收集工作区的基础地质、灾害、地形地貌、水文、遥感、自然资源等相关成果资料,综合分析工作区的基本情况,开展地表基质初步改化工作;二是结合数字高程模型及地形图对收集的高分一号、高分二号、Landsat-8 等遥感数据进行预处理;三是结合前人资料初步建立的典型地表基质、自然资源、环境和人为要素遥感解译标志;四是采用人机交互的方式进行详细解译;五是对解译结果通过点和路线的方式开展野外验证;最后根据野外验证结果修正完善解译结果,编制地表基质遥感解译图件和成果报告。

### 2.2 主要技术方法

#### (1) 地表基质要素

通过对遥感影像进行波段组合、图像融合、增强,运用光谱分析、纹理特征分析、地貌特征分析等方法建立解译标志,开展人机交互解译,对地表基质岩石单元进行划分。在实地采集样品的基础上,高光谱遥感技术可以快速、宏观地反映土质地表基质的重金属、有机质、pH 等信息。

#### (2) 自然资源要素

利用高空间分辨率遥感影像开展土地的类型、数量、分布等基础的属性信息解译;利用高光谱遥感影像开展土地质量的解译<sup>[20]</sup>;利用高时间分辨率遥感影像开展土地资源动态监测等<sup>[21]</sup>。

应用高空间分辨率与高时间分辨率遥感影像可以获取矿山活动引起的土地资源破坏和地形地貌景观破坏情况<sup>[22]</sup>。该信息直接影响地表基质属性和范围的改变,是引起地表基质变化的

重要因素。

林草资源是联结水体、土壤、大气的自然枢纽,制约着生态系统的平衡<sup>[23]</sup>。遥感获取指标的方法主要有:比值植被指数、归一化植被指数、监督分类等。森林蓄积量和林草种类有助于确定山地地区地表基质要素的类型。

利用图像融合技术、监督分类法、非监督分类法、NDWI 水体指数法等均可以有效的对水体信息进行提取<sup>[24]</sup>。水体信息对于自然资源砾质、泥质及其他地表基质的动态变化具有指示作用。

#### (3) 环境要素

根据滑坡、泥石流灾害点与周围地区在纹理、形状、色调、植被覆盖情况上的差异,运用高空间分辨率、高光谱分辨率遥感影像以及 InSAR 等遥感技术,通过目视解译、自动识别等方式,可以短时间内快速了解地质灾害类型,并准确的判断出该地区的空间分布特点,对于地质灾害前后地表基质的变化范围、影响的研究极其重要<sup>[25-27]</sup>。

遥感影像数据包含丰富的地理信息,能真实反应地物形态。利用遥感影像结合 DEM,可以很容易的实现地形的划分和地貌单元中大量地形数据的提取。

#### (4) 人为要素

通过不同时间高分辨率遥感影像的对比,目视解译即可获取人类重大工程的范围信息,对于判断地表基质变化具有指示作用。利用高空间分辨率遥感数据可以对农作物种植情况进行监测<sup>[28-32]</sup>。

## 3 地表基质调查应用

为了深入研究地表基质的分类体系、调查指标、涵盖内容及实施方法<sup>[33]</sup>,2020 年,中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心率先在保定区域启动了地表基质层的试点调查项目<sup>[34]</sup>。此项目的目的在于为后续的地表基质层调查工作提供实践指导和组织框架,并为构建地表基质层调查的技术标准、方法流程及质量控制规范等奠定重要基础<sup>[35]</sup>。

### 3.1 研究区域概况

保定地区位于河北省中西部,西依太行山,东抱白洋淀。整体呈现出西北高东南低的趋势,地貌基本分为山区和平原两大类。西部属太行山脉,由中山区、低山区和丘陵区三部分组成,东部属华北平原,按其成因可分为山前洪积平原、冲积平原及洼淀区三部分。

### 3.2 数据来源

本项目成功采集了工作区域内空间分辨率为15m的Landsat系列卫星数据,确保了工作区影像数据的全面覆盖,且数据质量整体上表现较好,地表特征的可识别度高。在精心筛选符合要求的遥感原始影像后,随即对这些影像实施了一系列预处理工作,包括辐射校正、几何纠正、图像融合以及图像增强等关键步骤。这些预处理措施旨在进一步提升影像的质量,为后续的分析和应用奠定坚实的基础。

### 3.3 结果分析

本次工作遥感解译内容主要包括地表基质基本要素、土地利用类型、地形地貌、植被覆盖、

矿山分布情况。

保定地区地表基质分布情况见图2,面积统计结果见表1。该地区地表基质类型主要为土质和岩石,土质地表基质面积占全区总面积的52.68%,以壤土为主,覆盖整个平原区域;岩石地表基质面积占全区的45.31%,以沉积岩为主。岩石地表基质主要分布于保定地区的西部及西北部;砾质和泥质地表基质分布比较少,仅占全区2.01%。砾质地表基质分布于主要河流水系及两侧;淤泥地表基质仅分布于东部白洋淀及其周边。

保定地区土地利用类型主要为耕地,占全区总面积的40%。耕地中以水浇地为主,大部分分布于保定地区的东部和南部平原地带。其他土地中裸岩石砾地比较多,占全区总面积的16%。全区水资源占比较少,仅占总面积的3%,主要分布于水库及东部白洋淀地区。总体来看,土质地表基质的分布与耕地的空间分布基本一致。岩石地表基质分布区域林地、草地、裸岩石砾地交错分布、相互关联,可以结合岩石地表基质实地综合调查结果进行分析。

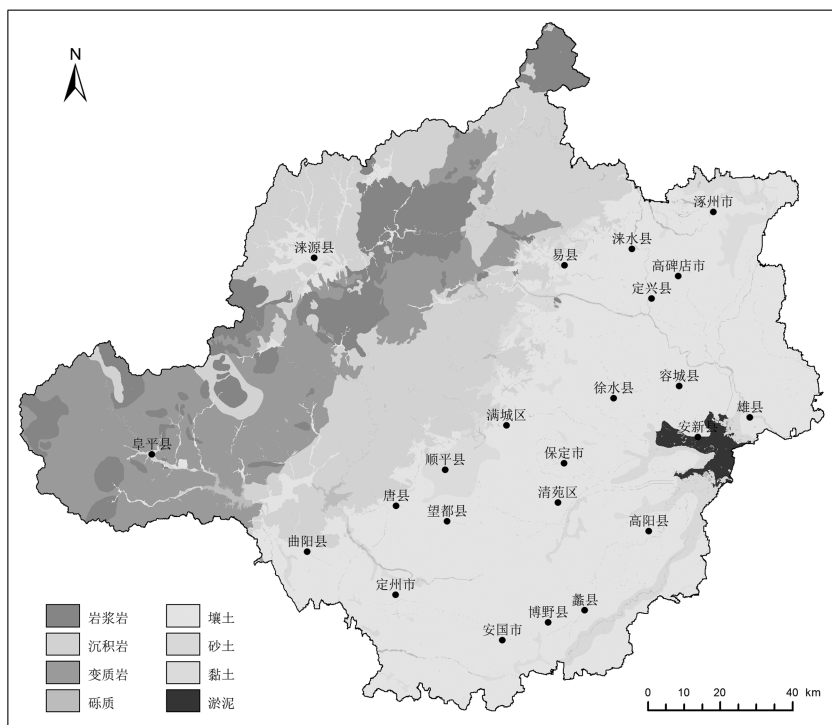


图2 保定地区地表基质分布简图

表 1 保定地区地表基质类型及占比

一级类	二级类	面积(km <sup>2</sup> )	百分比(%)
岩石	岩浆岩	1874.50	8.44
	沉积岩	4740.56	21.35
	变质岩	3447.11	15.52
砾质		382.19	1.72
土质	砂土	593.70	2.67
	壤土	10343.55	46.58
	黏土	761.52	3.43
泥质	淤泥	63.31	0.29

保定地区植被覆盖度大于 80% 的区域面积约占 12%，主要分布于涞源县、阜平县及雄安新区。植被覆盖度小于 20% 的地区多为保定东部及南部冲积平原地区作物农田、居民区建筑物以及山谷平原区。草地主要分布于西北部沉积岩山区，占全区总面积的 15%；林地主要分布于保定地区西北、西部山区，占全区总面积的 12%。

保定地区地形地貌类型共划分为 32 种类型。平坦低海拔冲积河流低阶地占比最大，占全区总面积的 46%；低海拔侵蚀剥蚀低丘陵地貌占比其次，占全区总面积的 19%；两种类型都是流水地貌，位于低海拔地区。总体来看，壤土多分布于平坦低海拔冲积河流低阶地，而岩石地表基质多分布于各类火山熔岩地貌区。

工作中对保定地区石矿区、铁矿区、石棉矿区、砂石采场、沙采场、土采场、选矿厂这 7 类矿业相关区域的分布进行了遥感解译。其中，作为采矿用地的区域中，石矿区数量最多，共有 600

余处。矿山分布的解译主要是分析矿山开采对地表基质类型的改变，野外调查中发现部分矿山已经开展了封闭及修复工作。

根据遥感解译结果，为了更直观地呈现相关信息，绘制了涞源县至白洋淀的地表基质与土地利用类型关系见图 3。地面高程线下方示意地表基质类型分布，上方示意土地利用类型分布。从图中可以看出，沉积岩区草地分布较多，而林地主要分布于变质岩区，耕地主要分布于壤土区。河流分布和砾质地表基质的分布直接相关。

#### 4 结论

(1) 保定地区地表基质遥感解译结果显示：该地区地表基质主要以土质和岩石为主；土地利用类型主要为耕地；草地主要分布于西北部沉积岩山区；林地主要分布于保定地区西北、西部山区；划分了 32 种地形地貌类型；解译矿山 600 余处。

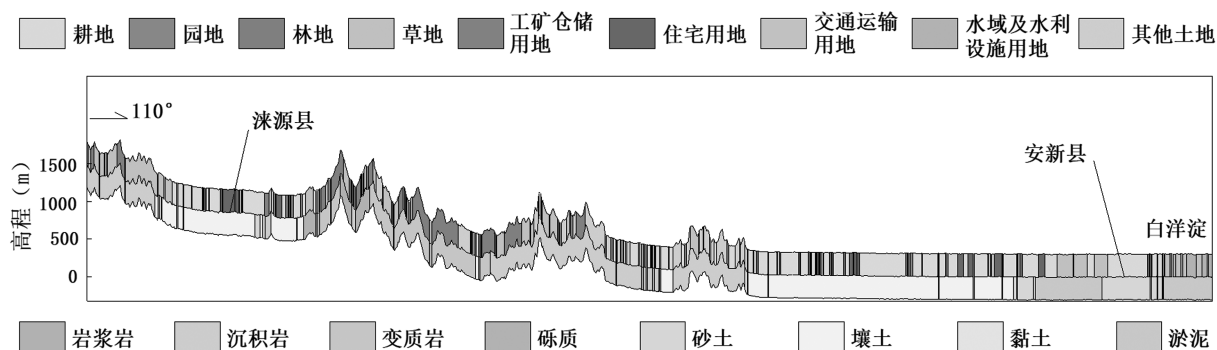


图 3 涞源县 - 白洋淀地表基质与土地利用类型示意图

(2) 解译结果及实践表明, 全面获取地表基质要素、地表基质孕育和支撑的自然资源要素、影响地表基质的环境要素及人为要素等方面的信息, 为研究多种要素之间的互相影响关系提供了重要的数据支撑。

(3) 从实践结果来看, 将遥感技术运用在地表基质调查中, 可以更加全面地对研究区内地表基质相关的基本信息进行解译分析, 减少野外地质工作者的负担, 提高成果的全面性、宏观性、综合性, 更好支撑综合调查, 为进一步科研提供基础数据。

#### 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, 0(02): 13-22.
- [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(04): 4-11.
- [3] 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.
- [4] 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
- [5] 张兵. 当代遥感科技发展的现状与未来展望[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(07): 774-784.
- [6] 陈玲, 贾佳, 王海庆. 高分遥感在自然资源调查中的应用综述[J]. 国土资源遥感, 2019, 31(01): 1-7.
- [7] 童庆禧, 孟庆岩, 杨杭. 遥感技术发展历程与未来展望[J]. 城市与减灾, 2018, 20(06): 6-15.
- [8] 方臣, 胡飞, 陈曦, 等. 自然资源遥感应用研究进展[J]. 资源环境与工程, 2019, 33(04): 563-569.
- [9] 江舒静, 邹镰钊. 遥感技术在自然资源调查监测中的应用探究[J]. 科技资讯, 2024, 21(24): 208-210.
- [10] 梁顺林, 白瑞, 陈晓娜, 等. 2019年中国陆表定量遥感发展综述[J]. 遥感学报, 2020, 24(06): 618-671.
- [11] 尤淑撑, 何芸. 自然资源遥感监测体系建设现状与发展展望[J]. 无线电工程, 2020, 50(05): 343-348.
- [12] 张焜, 马世斌, 李宗仁, 等. 高分一号卫星数据遥感地质解译[J]. 遥感信息, 2016, 31(01): 115-123.
- [13] 霍东, 陈占生, 艾晓军, 等. 遥感解译在辽阳-丹东地区黑土地地表基质调查中的应用——以宽甸满族自治县为例[J]. 农业与技术, 2023, 43(15): 115-119.
- [14] 余涛, 蒋天宇, 刘旭, 等. 土壤重金属污染现状及检测分析技术研究进展[J]. 中国地质, 2021, 48(02): 460-476.
- [15] 郭学飞, 曹颖, 焦润成, 等. 土壤重金属污染高光谱遥感监测方法综述[J]. 城市地质, 2020, 15(03): 320-326.
- [16] 李富, 欧阳渊, 刘洪, 等. 高密度电阻率法与地质雷达法在土壤厚度调查中应用效果——以西昌市土壤厚度调查为例[J]. 华北地质, 2021, 44(01): 27-32.
- [17] 杨朋, 田立柱, 文明征, 等. 船载海陆一体化三维地形测量技术在海岸带侵蚀淤积监测中的应用[J]. 地质调查与研究, 2020, 43(04): 348-352.
- [18] 贺秀斌, 鲍玉海. 三峡水库消落带土壤侵蚀与生态重建研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2019, 17(04): 160-168.
- [19] 于佩鑫, 周询, 刘素红, 等. 东北黑土区侵蚀沟遥感影像特征提取与识别[J]. 遥感学报, 2018, 22(04): 611-620.
- [20] 陈功伟, 赵思颖, 倪才英. 高光谱监测技术在重金属污染土壤上的应用[J]. 中国科学院大学学报, 2019, 36(04): 560-566.
- [21] 张景华, 欧阳渊, 张建龙, 等. 雪峰山西侧地区线性和环状构造特点及其与油气关系探讨[J]. 华北地质, 2021, 44(01): 33-38.
- [22] 黄露, 王爱华, 陈君, 等. 国产卫星遥感技术在自然资源调查监测中的应用[J]. 地理空间信息, 2020, 18(05): 73-75.
- [23] 唐亚蕾, 王腾, 田伟召. 高分辨率遥感影像植被信息提取方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(S01): 99-101.
- [24] 李丹, 吴保生, 陈博伟, 等. 基于卫星遥感的水体信息提取研究进展与展望[J]. 清华大学学报(自

- 然科学版), 2020, 60(02): 147 - 161.
- [25] 杨佳旺, 钱建平, 龙思远, 赵鹏伟. 遥感技术在中国地质灾害中的应用[J]. 防灾减灾学报, 2022, 38(04): 17 - 25.
- [26] 葛大庆, 戴可人, 郭兆成, 等. 重大地质灾害隐患早期识别中综合遥感受用的思考与建议[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2019, 44(07): 4 - 11.
- [27] 王琳, 陈楚, 吴正鹏, 等. 无人机遥感在山体创面三维模型制作中的应用研究[J]. 地质调查与研究, 2020, 43(04): 361 - 366.
- [28] 孟祥添, 鲍依临, 刘焕军, 等. 基于高分 5 号影像的东北典型黑土区土壤分类[J]. 农业工程学报, 2020, 36(16): 231 - 238.
- [29] 陈刚, 周权平, 吴涵宇, 等. 长江经济带地质资源环境综合信息管理与服务系统的开发与应用[J]. 华东地质, 2024, 45(03): 357 - 367.
- [30] 袁晶, 陈艳, 唐春花, 等. 遥感地热 GIS 预测方法研究——以江西宁都地区为例[J]. 华东地质, 2023, 44(04): 424 - 438.
- [31] 倪斌, 黄照强, 郭健, 等. 基于机载和星载高光谱遥感的武夷山成矿带蚀变矿物信息识别研究[J]. 华东地质, 2023, 44(01): 67 - 81.
- [32] 白宇, 郑志忠, 修连存, 等. 无人机高光谱遥感技术在自然资源调查中的应用进展[J]. 华东地质, 2022, 43(04): 527 - 538.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] 李泽钰, 黎立, 刘娜, 等. 基于多源数据和图像分割的地表基质遥感解译方法——以垫江北部地区为例[J]. 测绘通报, 2024, 69(S1): 166 - 171.

---

#### 作者简介:

第一作者: 李东辉, 1995 年生, 男, 山西翼城人, 中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心, 助理工程师, 主要研究方向为自然资源遥感。Email: lidonghui@mail.cgs.gov.cn;

通讯作者: 孙肖, 1988 年生, 男, 陕西富平人, 硕士, 中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心, 工程师, 主要研究方向为高光谱遥感理论与应用。E-mail: sunxiao@cugb.edu.cn

---

## Discussion on the Main Contents and Methods of Remote Sensing Investigation of Ground Matrix

LI Donghui, SUN Xiao<sup>\*</sup>, HUO Runbin, HE Weirong, WANG Yanliang

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

**Abstract:** The core issues of surface matrix investigation focus on the determination of its investigation content and the exploration of technical methodologies. Remote sensing technology, with its exceptional spatial, temporal, spectral, and radiometric resolution capabilities, plays a vital role in surface matrix investigations and has emerged as a crucial supporting technology. This paper summarizes the main content and methods of remote sensing work in surface matrix investigations from four aspects: surface matrix elements, natural resource elements, environmental elements, and anthropogenic elements. By applying remote sensing technology to the surface matrix investigation in Baoding area, the basic information on surface matrix elements in this area has been largely identified, and the conditions of major natural resources and environmental elements have been grasped. The basic workflow of remote sensing investigation for surface matrix has been sorted out and summarized. Through practical applications, it's found that the remote sensing technology can not only accurately obtain basic information on the surface matrix but also better provide basic data, auxiliary support, and expanded research for comprehensive investigations, which is of great significance for accelerating the establishment of a unified investigation, monitoring, and evaluation system for natural resources and improving the supervision system of natural resource.

**Key words:** ground matrix; natural resources; human factor; Baoding area