

doi: 10.6046/zrzyg.2023075

引用格式: 唐晖, 邹娟, 尹向红, 等. 基于高分遥感的洞庭湖区河湖采砂监管及典型案例分析[J]. 自然资源遥感, 2023, 35(3): 302–309. (Tang H, Zou J, Yin X H, et al. River and lake sand mining in the Dongting Lake area: Supervision based on high-resolution remote sensing images and typical case analysis[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2023, 35(3): 302–309.)

基于高分遥感的洞庭湖区河湖采砂监管及典型案例分析

唐晖^{1,2,3}, 邹娟^{1,2,3}, 尹向红¹, 余姝辰^{1,2,3},
贺秋华^{1,2,3}, 赵动¹, 邹聪¹, 罗建强^{1,2,3}

(1. 湖南省自然资源事务中心, 长沙 410004; 2. 洞庭湖区生态环境遥感监测湖南省重点实验室, 长沙 410004; 3. 自然资源部洞庭湖流域生态保护修复工程技术创新中心, 长沙 410004)

摘要: 为研究高分遥感技术在洞庭湖区河湖采砂监管中的应用, 基于近 20 a 来航天航空高分遥感影像, 采取人机交互解译与实地调查验证相结合的方法, 总结河湖砂石开采的地表要素类型与涵义, 建立河湖采砂遥感解译标志, 剖析具有代表性的典型案例。研究表明: 河湖砂石开采遥感解译标志不同于前人总结的陆域矿山开采的解译标志, 其采矿设备为采砂船, “挖洲”开采面致使水涯线呈锯齿状, 运矿设备为运砂船, 中转场地有堆沙场和砂石码头, 采场附近出现水体浑浊、洲滩萎缩等地表覆盖变化。通过华龙堆砂场的变迁、城陵矶砂石码头治理和东洞庭湖飘洲非法采砂等 3 个典型案例, 表明高分遥感技术可为河湖砂石监管提供技术支持。

关键词: 高分遥感; 洞庭湖区; 河湖岸线; 采砂监管; 典型案例

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-034X(2023)03-0302-08

0 引言

洞庭湖区辽阔的水域经历漫长的河湖沉积, 形成了丰富的河湖砂石资源。近年来, 随着交通、文教和环卫等基础设施建设及房产开发对砂石需求量的不断增加, 洞庭湖的砂石开采迅猛发展^[1-4], 无序非法采砂行为时有发生, 破坏河滩湿地生态, 影响水域航运, 威胁防洪安全。2018 年 6 月, 水利部启动全国河湖采砂专项整治行动, 基本摸清了全国河湖采砂管理现状和非法采砂情况, 严厉打击了非法采砂行为。人工巡查、地方上报和群众举报是这次行动中调查摸底的重要手段, 但存在人工投入大、监管滞后和持续跟踪困难等问题。因此, 加强河湖采砂监管技术研究, 对提升采砂监管效率具有现实意义。

遥感技术具有时效性好、宏观性强和客观真实等特点, 为矿产资源开发利用监管提供了重要的技术手段^[5-8]。自然资源部自 2010 年部署实施的“全国矿产卫片执法检查监督检查”已成为我国矿业秩序管理的常态化工作, 极大地推动了矿山开发遥感监测

技术发展^[9-12]。但是, 由于河湖采砂船的流动性大, 目标识别困难, 对违法主体难以及时锁定, 仅少数学者研究过河湖采砂遥感监管。崔倩等^[13]利用高空间分辨率遥感影像, 通过人工解译方式识别并提取河湖水域空间地物, 分析了资江某采砂场等典型案例; 索然^[14]利用无人机测绘技术, 以辽宁省朝阳市江河湖库为对象, 开展疑似非法采砂点的堆沙量、面积和位置等信息提取, 有效圈定堆砂点 16 处、采砂点 14 处; 许小华等^[15]开展河湖采砂全过程智能监管关键技术研究, 在采砂船与采砂行为识别、采砂量监测和采砂信息传输等方面取得重要进展。即便如此, 遥感技术应用于河湖采砂监管仅局限于局部地区或个别案例, 未系统总结河湖砂石开采遥感解译标志, 全国矿产卫片执法检查监督检查更未涉及河湖采砂。

本文拟以空间分辨率优于 1 m 的高分卫星数据、航空摄影和无人机影像为遥感信息源, 研究洞庭湖区河湖砂石开采地表要素类型及其解译标志, 对河湖砂石开采地表要素进行人机交互解译, 并对几个典型案例进行分析, 旨在完善并丰富河湖采砂高分遥感监管技术, 为河湖采砂监管提供技术支持。

收稿日期: 2023-03-21; 修订日期: 2023-06-10

基金项目: 湖南省自然资源厅科技计划项目“地空全谱段光谱在洞庭湖水质参数反演中的关键技术研究”(编号: 2022-19)和“洞庭湖区山水林田湖草沙一体化保护修复工程”监测评估关键技术研究”(编号: 湘自资科 20230142ST)共同资助。

第一作者: 唐晖(1977-), 男, 研究生, 高级工程师, 研究方向为国土空间生态保护修复监测。Email: 1561109908@qq.com。

1 洞庭湖砂石资源概况与遥感信息源

1.1 洞庭湖砂石资源概况

洞庭湖吞吐荆江松滋、虎渡、藕池南流“三河”分洪来水,承接湘、资、沅、澧“四水”以及周边汨罗江、新墙河、涇水、梳水、向阳河等区间来水,经沉沙落淤、调蓄净化后由东北部唯一出口城陵矶汇入长江^[16-18]。据 2020 年《长江泥沙公报》^[19]报道,洞庭湖流域面积为 262 891. 12 km²,占长江流域总面积的 14. 70%。荆江南流“三口”多年(1956—2020 年)年均入湖泥沙为 0. 910 1 × 10⁸ t,湘、资、沅、澧“四水”年均入湖泥沙为 0. 240 9 × 10⁸ t,城陵矶出湖泥沙为 0. 363 × 10⁸ t,洞庭湖多年年均淤积泥沙为 0. 788 × 10⁸ t。

洞庭湖丰富的输沙量经历漫长的河湖沉积,在淤塞洞庭湖的同时形成了丰富的河湖砂石矿产资源。据前述的出入输沙量监测数据估算,仅新中国成立以来的 70 a 来,洞庭湖应形成了可采历史储量 50 × 10⁸ t 以上(部分砂石资源已被开采)。为加强河湖采砂管理,规范有序加大河湖砂石供给,2022 年 3 月 8 日湖南省召开水利工作会议,规划 2023—2027 年全省开采河湖砂石资源为 15 × 10⁸ t,形成财政收入 1 000 亿元。其中,洞庭湖区的常德市为 6. 011 2 × 10⁸ t、岳阳市为 4. 287 × 10⁸ t、益阳市为 3. 467 × 10⁸ t,3 地共规划开采 13. 765 2 × 10⁸ t^[20]。

1.2 遥感信息源及处理

研究中利用的遥感信息源主要有 2012—2017 年的航空摄影数据,空间分辨率为 0. 20 ~ 0. 45 m; 2018—2021 年获取的高分二号(GF-2)卫星数据,空间分辨率为 1. 0 m; 2014 年之前获取的 TM/ETM 卫星影像,空间分辨率为 15 ~ 30 m; 2002 年的 IKO-NOS 影像,空间分辨率为 0. 8 m; 2014—2022 年的高分一号(GF-1)卫星数据,空间分辨率为 2. 0 m。为加强洞庭湖区河湖砂石开采监测精度与频次,研究中尚不定期获取了典型区域无人机影像,空间分辨率为 0. 1 m。

本文利用了航空摄影和 5 种类型的卫星遥感影像,空间分辨率相差大。卫星遥感图像处理中,以 2012—2017 年航摄数字正射影像图为平面控制,基于星历参数和 1: 2 000 数字高程模型数据建立物理纠正模型予以纠正。经纠正后的各类卫星影像统一到大地 2000 坐标系,按 0. 5 m 重采样。

2 河湖采砂信息提取

2.1 河湖砂石开采地表要素

河湖砂石采场位于水域及其周边或内部滩涂,

开采方式包括水域开采和滩涂开采。与陆域矿山采场一样,河湖砂石开采地表要素包括采矿设备、开采面、运矿设备、中转场地以及采场周边地表覆盖变化等,其涵义见表 1。

表 1 河湖砂石开采地表要素及其涵义
Tab. 1 Surface elements and their meanings of sandstone mining in rivers and lakes

地表要素类型	涵义
采砂设备	采砂船,有吸砂式、链斗式、吊抓式等类型,包括采掘、淘洗、传送砂石等附属设施。细砂常用吸砂式采砂船,粗砂选用链斗式或吊抓式采砂船
开采面	指清除砂石表部盖层后挖掘砂石形成的场地,采场分为水域开采和滩涂开采 2 种,采挖方法分为分层回采与掏槽采挖 2 类
运矿设备	船舶,用于将采场淘洗后的成品砂石运送到堆沙场或砂石码头
中转场地	即堆沙场,又称砂石码头堆场,是成品砂石临时停放的场所,常因砂石不断堆放或销售,形态容易变化
采场地物	包括采坑、洲滩形态、地表覆盖、水涯线、采场周边水体变化等

2.2 河湖采砂解译标志

解译标志是以影像形式传递的可目视解译地物类型的标志。河湖砂石开采地表要素的解译标志是提取河湖采砂信息的基础(图 1)。①采砂设备。洞庭湖区湖域内的砂石以细砂为主,多使用吸砂船;河道内常有粗砂,则选用链斗式或吊抓式采砂船。在高分遥感影像中,采砂船呈长条状,甲板上装配的高耸支架和船尾装配的用于传送沙泥、砂石的输送带斜翘,清晰可见(图 1(a))。②开采面。河湖砂石开采面,无论是分层回采还是掏槽采挖,均隐于水下,且采船前移步距频繁,采挖时对水体搅动大,在遥感影像中无法观察到开采面及采坑。但洞庭湖区的砂石开采主要位于边滩、心滩等滩涂(洞庭湖区俗称的“挖洲”),采场周边水涯线常由平滑线改变为锯齿状,陡坎沿水域环绕,在遥感影像中采痕清晰可见,甚至可隐约辨析沉积层理(图 1(b)和图 1(c))。③运矿设备。运送砂石的船舶排水量较大,常见多艘结伴而行,在遥感影像中船载砂石与装卸砂石的传送带容易辨析(图 1(d))。④中转场地。即堆沙场,常位于河湖岸线或水域周边滩涂,前者常与公路外界连接,后者附近常见砂石码头,以便砂石销售后运输所用。在遥感影像中,沙堆常呈灰白色,形态以不规则居多;但也有规则者,边界清晰,锥顶轮廓清楚。堆沙场与防汛用砂堆场容易混淆,但后者多位于堤坝顶部,呈规则长方形,沙堆周边有护墙以防止砂石外溢(图 1(e)—(g))。⑤采场地物。

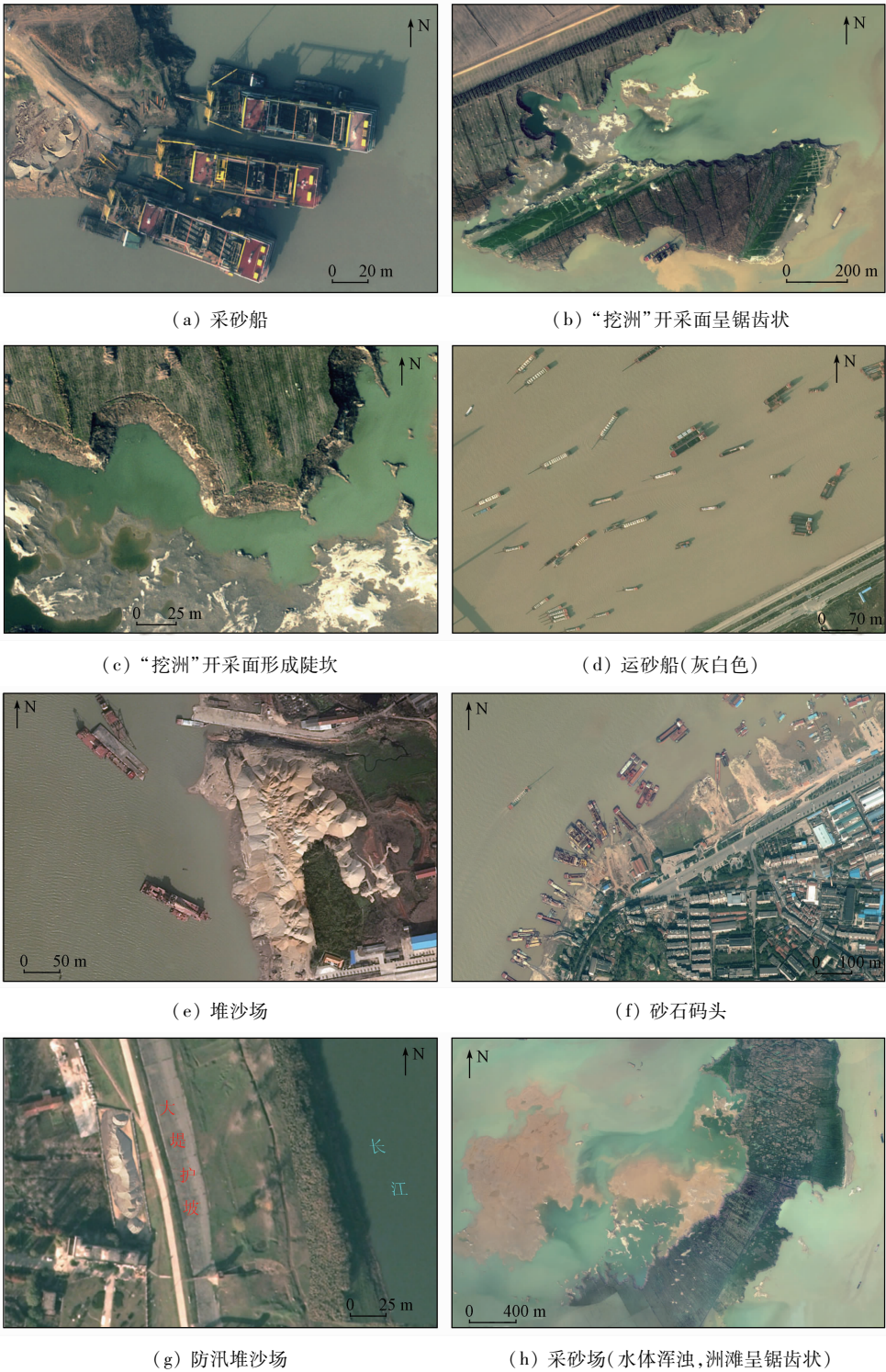


图1 洞庭湖区河湖采砂影像标志(2014—2017 年)

Fig.1 Image signs of sand mining in rivers and lakes in Dongting Lake district from 2014 to 2017

水域开采者,在遥感影像中除可见及采场周边浑浊水体外,对水下地物的变化却难以辨析;滩涂开采者,可看到洲滩形态、地表覆盖和水涯线等地物变化(图1(h))。

2.3 河湖采砂信息提取和野外验证

以高分遥感影像为依据,在 ArcGIS 软件支持下,采用人机交互解译方式提取采砂船、运砂船、堆沙场以及滩涂采场等地表覆盖变化信息;对疑似砂

石码头堆场图斑,综合基础性地理国情监测数据进行分析判定。

对提取的河湖采砂图斑进行 100% 的野外验证,核查疑问图斑、补充遗漏图斑、修改误提图斑。野外核实结果表明,基于高分遥感影像的河湖砂石开采地表要素类型解译准确率在 98% 以上,图斑边界解译精度基本控制在 2 个像素(1.0 m)以内,可信度高,可用于河湖采砂监管。

3 典型案例分析

3.1 华龙砂场变迁

华龙砂场位于岳阳市君山区东侧长江洲滩,是2018年4月25日习近平总书记沿长江考察时嘱咐“守护好一江碧水”的首倡地,也是洞庭湖区砂石码头整治的样板工程,被称为“从源头守护长江的示范性缩影”^[21]。

2012年12月6日拍摄的航片显示,该砂场已经存在,占地面积为10.82亩^①,主体部分位于近东

西向道路北部(图2(a))。2014年10月17日获取的GF-1卫星影像显示,道路南部砂场大规模扩大,面积增加到59.97亩(图2(b))。2017年1月18日拍摄的航片显示,道路南部砂场基本维持原状,但北部稍有扩大,面积再次扩大到68.94亩。此时,砂场东部的长江水域新增了江心洲(图2(c))。2021年5月17日的GF-2卫星影像显示,砂场内生产设备、砂石已全部清退,场地已全部复绿,昔日的砂场已改造为江豚公园,新增植被塑造了江豚图案,原来的砂场办公用房被改造为守护江豚宣讲地(图2(d))。



图2 华龙砂场变迁典型时段遥感图像

Fig.2 Remote sensing images of typical changes periods of Hualong sand field

3.2 东洞庭湖飘尾洲非法采砂案

东洞庭湖飘尾洲非法采砂位于东洞庭湖自然保

护区核心区(图3),不仅侵占矿产资源,扰乱矿业秩序,影响航运安全,也严重破坏湿地生态环境。2018

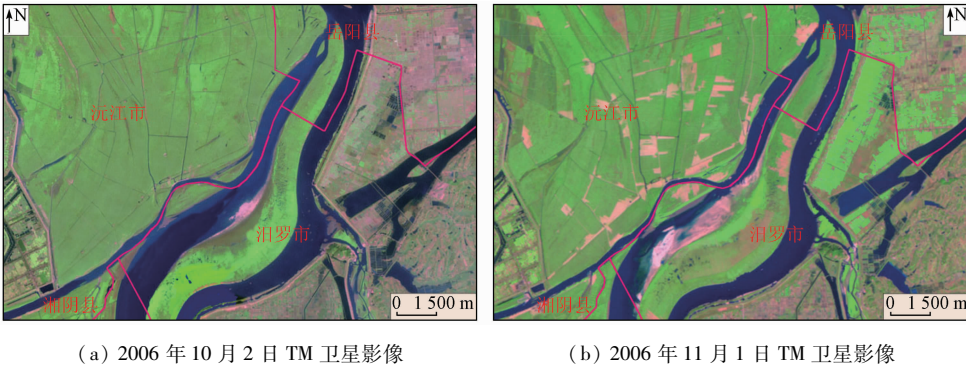


图3-1 飘尾洲非法采砂典型时段遥感图像及解译图

Fig.3-1 Remote sensing images and interpretation maps of typical periods of illegal sand mining in Piaoweizhou

① 1 亩=666.67 m²。

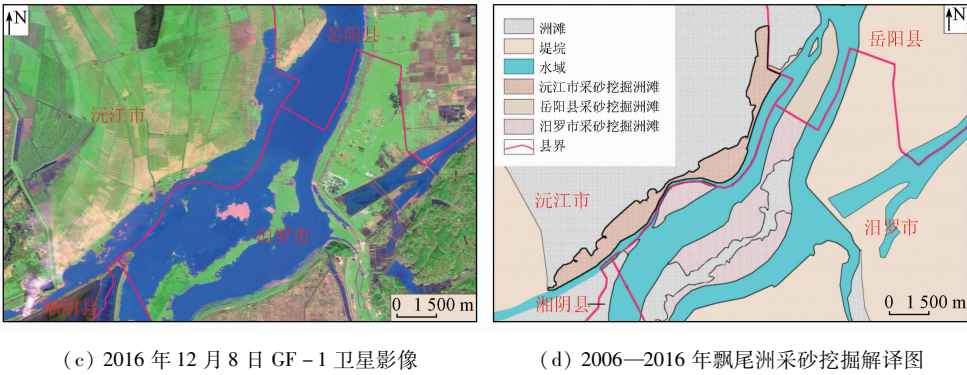


图 3-2 飘尾洲非法采砂典型时段遥感图像及解译图

Fig. 3-2 Remote sensing images and interpretation maps of typical periods of illegal sand mining in Piaoweizhou

年9月,湖南省沅江市人民检察院将东洞庭湖飘尾洲非法采砂案作为典型案件提起公诉。根据司法部门下达的《调取证据通知书》,利用遥感技术查明盗采砂石资源量作为司法取证依据。

2006年10月2日TM卫星影像显示,其时洲滩边界保持完整,水涯线呈连续弧线,未见采砂痕迹(图3(a));至2006年11月1日,影像上显示水体严重浑浊,标志着采砂船已入场作业,但从洲滩边界判断尚未正式开采(图3(b));10a后的2016年12月8日GF-1卫星影像显示,区内洲滩退缩严重,水域面积扩大,水涯线呈典型的锯齿状(图3(c))。2017年湖南省开展“洞庭湖区生态环境专项整治”行动后,该洲滩停止了非法采砂。依据多期遥感影像分析,东洞庭湖飘尾洲非法采砂发生时间为2006年10月2日—2016年12月8日,据飘尾洲采砂挖掘遥感解译图(图3(d))量算,因采砂导致洲滩缩减总面积为2 221.66 hm²,其中沅江市为776.96 hm²,

岳阳县为320.54 hm²,汨罗市为1 124.16 hm²。按平均采砂深度2 m测算,该处共非法盗采砂石资源量为4 443.32 × 10⁴ m³,按砂石比重1.65 t/m³计算,合计为7 331.48 × 10⁴ t。

东洞庭湖飘尾洲非法采砂案是湖南首起利用高分遥感监测成果进行非法采砂案法庭取证的公诉案件,威慑了洞庭湖区生态环境违法行为,产生了显著的社会效益。

3.3 长江岸线城陵矶砂石码头治理

该砂石码头位于洞庭湖出口的城陵矶港沿江岸线,历史悠久,规模宏大,是湖南省南来北往、连接东西、通江达海的唯一航运口岸,曾为地方经济发展做出过重要贡献。但是,随着当代物流业迅猛发展,港口砂石散货客运混用,一度乱搭乱建严重,严重影响了防洪安全、通航安全和生态安全。2017年,岳阳市将其列入长江岸线岳阳段码头泊位提质改造对象(图4)。

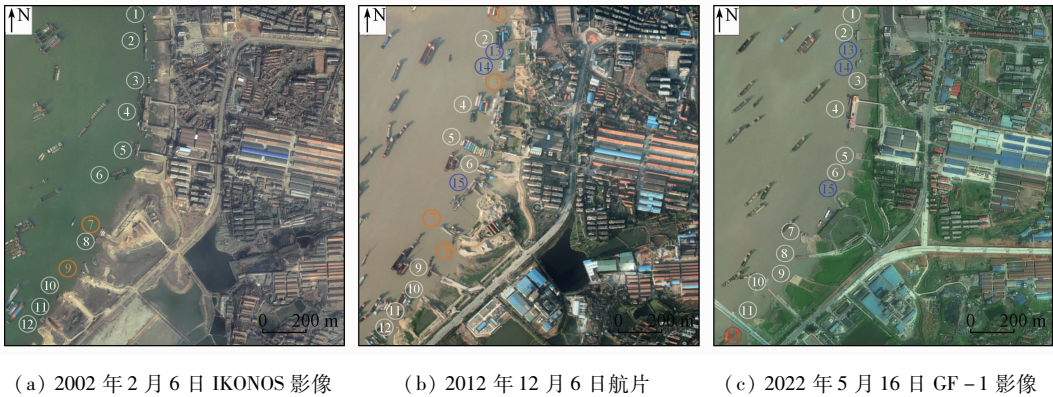


图 4 城陵矶砂石货混用码头典型时段遥感图像

Fig. 4 Remote sensing image of typical time period of Chenglingji wharf

2002年2月6日获取的IKONOS卫星影像显示,城陵矶砂石码头与城陵矶港口码头为砂石混用码头,共有泊位12处(图4(a)),其中砂石泊位2个,分别是7号和9号泊位;其他10个为货运泊位。当时,码头地表裸露,植被少见,建筑构筑物无

序分布,岸线环境遭到严重破坏。随后的10a是我国经济快速增长期,交通、城镇化和房产开发等对砂石、钢材和水泥等建筑材料的需求量与日俱增。在当时背景下,航运码头的营运愈趋紧张。至2012年12月,城陵矶码头不仅增加了3个泊位,由2002年

的 12 个增加至 15 个,且砂石泊位也由 2002 年的 2 个增加到 5 个(图 4(b)),其中原 1,3,8 号泊位由原来的货运泊位改变为砂石泊位,新增 15 号砂石泊位,原 9 号泊位由砂石泊位改变为货运泊位。这一时期,已开始注重城市绿化,但植被仍然稀疏,且码头附近的建筑构筑物杂乱展布,岸线环境仍然不佳。最近 10 a,随着生态文明建设的不断深入,河湖岸线整治成为地方政府的工作重点,特别是 2014 年实施《洞庭湖生态经济区建设规划》和 2017 年开展“洞庭湖区生态环境专项整治”行动以来,城陵矶码头得到了全面的升级改造。2022 年 5 月国产 GF-1 卫星影像显示(图 4(c)),码头及周边已重新规划布局,原来乱搭乱建的建筑构筑物被拆除,砂石泊位和砂石堆场被全部清除,原 12 号泊位因洞庭湖大桥的修建已经被取缔,原来裸露的地表全部复绿,岸线生态环境得到根本性好转。

4 结论

本研究基于高分遥感技术总结河湖砂石开采地表要素类型与涵义,建立河湖采砂解译标志,剖析 3 个典型案例,得到如下结论:

1) 河湖砂石开采遥感解译标志不同于前人总结的陆域矿山开采的解译标志。河湖砂石开采的采矿设备为采砂船,“挖洲”开采面致使水涯线呈锯齿状,运矿设备为运砂船,中转场地有堆沙场和砂石码头,采场附近出现水体浑浊、洲滩萎缩等地表覆盖变化。

2) 高分遥感技术可用于河湖砂石开采与岸线整治监管。华龙砂场变迁和城陵矶砂石码头治理 2 个典型案例分析表明,高分遥感可反演堆沙场、砂石码头的发展演变、整治关停和改造升级历程,进而间接监管河湖采砂整治情况; 飘尾洲非法采砂典型案例表明,高分遥感技术能在查处历史违法采砂案件中提供法庭取证依据。

3) 开展河湖采砂遥感监管,要求遥感影像具有高空间分辨率和高时效性。由于河湖采砂具有流动性大、采场位置特殊和砂石异地堆放等特点,这就给砂石开采量估算、河湖采砂动态监管和采砂主体确认等带来了困难。如此种种,是未来亟待解决的主要问题。

参考文献 (References) :

[1] 余姝辰,余德清,王伦澈,等. 三峡水库运行前后洞庭湖洲滩面积变化遥感认识[J]. 地球科学,2019,44(12):4275-4283.
Yu S C, Yu D Q, Wang L C, et al. Remote sensing study of Dongting Lake beach changes before and after operation of Three Gorges Reservoir[J]. Earth Science,2019,44(12):4275-4283.

[2] 蒋婕妤,钟艳红. 湖南省河道采砂管理的实践与思考[J]. 湖南水利水电,2020(3):106-108.
Jiang J Y, Zhong Y H. Practice and reflection on sand mining management in river channels in Hunan Province[J]. Hunan Hydro and Power,2020(3):106-108.
[3] 湖南省水利厅. 湖南重拳整治洞庭湖非法采砂[J]. 湖南水利水电,2017(6):116.
Hunan Provincial Department of Water Resources. Hunan cracks down on illegal sand mining in Dongting Lake[J]. Hunan Hydro and Power,2017(6):116.
[4] 邹 娟,刘助龙,张永忠,等. 洞庭湖生态经济区(湖南部分)矿山开发状况的遥感监测与分析[J]. 山西冶金,2022,45(5):71-74.
Zou J, Liu Z L, Zhang Y Z, et al. Remote sensing monitoring and analysis of mining development in Dongting Lake ecological economic zone (Hunan Part) [J]. Shanxi Metallurgy, 2022, 45(5): 71-74.
[5] 殷亚秋,蒋存浩,鞠 星,等. 海南岛 2018 年矿山地质环境遥感评价和生态修复对策[J]. 自然资源遥感,2022,34(2):194-202. doi: 10.6046/zrzyyg. 2021136.
Yin Y Q, Jiang C H, Ju X, et al. Remote sensing evaluation of mine geological environment of Hainan Island in 2018 and ecological restoration countermeasures [J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2022, 34(2): 194-202. doi: 10.6046/zrzyyg. 2021136.
[6] 张 仙,李 伟,陈 理,等. 露天开采矿区要素遥感提取研究进展及展望[J]. 自然资源遥感,2023,35(2):25-33. doi: 10.6046/zrzyyg. 2022141.
Zhang X, Li W, Chen L, et al. Research progress and prospect of remote sensing extraction of elements in opencast mining area[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2023, 35(2): 25-33. doi: 10.6046/zrzyyg. 2022141.
[7] 杨显华,魏 鹏,吕 军,等. 基于多源遥感的采空塌陷识别技术应用研究[J]. 自然资源遥感,2022,34(2):162-167. doi: 10.6046/zrzyyg. 2021195.
Yang X H, Wei P, Lyu J, et al. Application of mining collapse recognition technology based on multi-source remote sensing[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2022, 34(2): 162-167. doi: 10.6046/zrzyyg. 2021195.
[8] 于 航,安 娜,汪 洁,等. 黔西南采煤塌陷区高分遥感动态监测——以六盘水市煤矿采空塌陷区为例[J]. 自然资源遥感,2023,35(3):310-318. doi:10.6046/zrzyyg. 2022170.
Yu H, An N, Wang J, et al. High resolution remote sensing dynamic monitoring of coal mining subsidence area in Southwest Guizhou: A case study of coal mine goaf subsidence area in Liupanshui[J]. Remote Sensing for Natural Resource, 2023, 35(3): 310-318. doi:10.6046/zrzyyg. 2022170.
[9] 杨金中,秦绪文,聂洪峰,等. 全国重点矿区矿山遥感监测综合研究[J]. 中国地质调查,2015(4):24-30.
Yang J Z, Qin X W, Nie H F, et al. Comprehensive research on remote sensing monitoring of the national concentration zones of the important mine[J]. Geological Survey of China, 2015(4): 24-30.
[10] 秦绪文,杨金中. 中国矿山遥感监测[M]. 北京:测绘出版社,2014.
Qin X W, Yang J Z. Remote sensing monitoring of mines in China

[M]. Beijing: Surveying and Mapping Publishing House, 2014.

[11] 张端阳,潘振祥. 遥感技术在矿业活动动态监测中的应用[J]. 测绘通报, 2015(6): 72 – 74.

Zhang D Y, Pan Z X. Application of remote sensing technique to monitor mining activities[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2015(6): 72 – 74.

[12] 刘 立,李长安,高俊华,等. 多源卫星遥感的湖南矿山违法开采时空变化[J]. 遥感学报, 2022, 26(3): 528 – 540.

Liu L, Li C A, Gao J H, et al. Spatiotemporal changes of illegal mining in Hunan mines based on multi – source satellite remote sensing[J]. National Remote Sensing Bulletin, 2022, 26(3): 528 – 540.

[13] 崔 倩,陈德清. 遥感技术支撑河湖监管典型案例分折[J]. 水利信息化, 2020(2): 9 – 13.

Cui Q, Chen D Q. Typical case analysis of river and lake supervision supported by remote sensing technology[J]. Water Resources Information, 2020(2): 9 – 13.

[14] 索 然. 河道采砂监管中无人机测绘技术的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(11): 156 – 158, 202.

Suo R. Application of UAV surveying and mapping technology in river sand mining supervision[J]. Heilongjiang Hydraulic Science and Technology, 2021, 49(11): 156 – 158, 202.

[15] 许小华,包学才,王海青,等. 河湖采砂全过程智能监管关键技术及应用[D]. 南昌:江西省水利科学研究院, 2021.

Xu X H, Bao X C, Wang H J, et al. Key technologies and applications of intelligent supervision of the whole process of sand mining in rivers and lakes[D]. Nanchang: JiangXi Academy of Water Science and Engineering, 2021.

[16] 余姝辰,王伦澈,夏卫平,等. 清末以来洞庭湖区通江湖泊的时空演变[J]. 地理学报, 2020, 75(11): 2346 – 2361.

Yu S C, Wang L C, Xia W P, et al. Spatio – temporal evolution of riparian lakes in Dongting Lake area since the late Qing Dynasty [J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(11): 2346 – 2361.

[17] 余德清,余姝辰,贺秋华,等. 联合历史地图与遥感技术的洞庭湖百年萎缩监测[J]. 国土资源遥感, 2016, 28(3): 116 – 122. doi: 10.6046/gtzyyg. 2016. 03. 19.

Yu D Q, Yu S C, He Q H, et al. Monitoring of Dongting Lake atrophy in the past 100 years by combining historical map and remote sensing technology[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2016, 28(3): 116 – 122. doi: 10.6046/gtzyyg. 2016. 03. 19.

[18] 贺秋华,余德清,余姝辰,等. 三峡水库运行前后洞庭湖水资源量变化[J]. 地球科学, 2021, 46(1): 293 – 307.

He Q H, Yu D Q, Yu S C, et al. Changes of water resources amount in Dongting Lake before and after the operation of the Three Gorges Reservoir[J]. Earth Science, 2021, 46(1): 293 – 307.

[19] 水利部长江水利委员会. 长江泥沙公报(2020)[M]. 武汉: 长江出版社, 2021.

Changjiang Water Resources Commission of the Ministry of Water Resource. Changjiang sediment bulletin (2020) [M]. Wuhan: Changjiang Press, 2021.

[20] 岳阳市水利局. 湖南省湘资沅澧干流及洞庭湖河道采砂规划(2023—2027 年)[EB/OL]. (2021 – 11 – 26) [2023 – 04 – 10]. http://slt.hunan.gov.cn/slt/xxgk/zfcg/202111/t20211126_21179095.html.

Yueyang Water Conservancy Bureau. Sand mining planning of main stream of Xiangzi Yuanli and Dongting Lake in Hunan Province (2023—2027) [EB/OL]. (2021 – 11 – 26) [2023 – 04 – 10]. http://slt.hunan.gov.cn/slt/xxgk/zfcg/202111/t20211126_21179095.html.

[21] 郭芝桃,章杨梓昕. 砂石码头的复绿蜕变——“天眼”技术助力洞庭湖旧貌换新颜[N/OL]. 湖南日报, 2022 – 04 – 18 (B02) [2023 – 04 – 10]. <https://www.hunantoday.cn/article/202204/202204180915239040.html>.

Guo Z T, Zhang Y Z X. The green transformation of the gravel wharf: “Sky Eye” technology helps Dongting Lake to change its old appearance [N/OL]. Hunan Daily, 2022 – 04 – 18 (B02) [2023 – 04 – 10]. <https://www.hunantoday.cn/article/202204/202204180915239040.html>.

River and lake sand mining in the Dongting Lake area: Supervision based on high – resolution remote sensing images and typical case analysis

TANG Hui^{1,2,3}, ZOU Juan^{1,2,3}, YIN Xianghong¹, YU Shuchen^{1,2,3},
HE Qihua^{1,2,3}, ZHAO Dong¹, ZOU Cong¹, LUO Jianqiang^{1,2,3}

(1. Hunan Center of Natural Resources Affairs, Changsha 410004, China; 2. Hunan Provincial Key Laboratory of Remote Sensing Monitoring of Ecological Environment in Dongting Lake Area, Changsha 410004, China; 3. Dongting Lake Basin Ecological Protection and Restoration Engineering Technology Innovation Center, Ministry of Natural Resources, Changsha 410004, China)

Abstract: This study aims to investigate the application of high – resolution remote sensing images in the supervision of river and lake sand mining in the Dongting Lake area. Based on the aerial and space high – resolution remote sensing images over the past 20 years, as well as human – computer interaction interpretation and field investigation verification, this study summarized the types and meanings of surface elements in river and lake sand mining, established the remote sensing interpretation symbols for river and lake sand mining, and analyzed representative typical cases. The results show that the interpretation symbols of remote sensing images for river and lake sand mining differ from those for onshore mining summarized previously. The river and lake sand mining was

carried out using dredges as the mining equipment, sand carriers as the transport equipment, and sand yards and docks as transfer sites. The mining surfaces caused serrated bank lines during sandbar digging. Furthermore, surface cover changed near mining areas, including turbid water and shrinkage of sandbars and shoals. This study analyzed three typical cases, namely the evolution of the Hualong sand yard, the treatment of the Chenglingji wharf, and the illegal sand mining in Piaoweizhou of the eastern Dongting Lake. The analytical results indicate that high – resolution remote sensing can provide technical support for supervising river and lake sand mining.

Keywords: high – resolution remote sensing images; Dongting Lake area; river and lake bank line; sand mining supervision; typical case

(责任编辑: 陈昊旻)