

附件 9

《生态保护红线监管技术规范 疑似生态
破坏问题图斑遥感监测（试行）
（征求意见稿）》

编制说明

《生态保护红线监管技术规范 疑似生态破坏问题图斑
遥感监测（试行）》编制组

2023 年 1 月

目 录

| | | |
|------|-----------------------|----|
| 1 | 项目背景..... | 1 |
| 1.1 | 任务来源..... | 1 |
| 1.2 | 工作过程..... | 1 |
| 2 | 标准制定的必要性分析..... | 2 |
| 2.1 | 适应生态保护红线监管工作的要求..... | 2 |
| 2.2 | 新时期生态保护工作落到实处的关键..... | 3 |
| 3 | 国内外相关研究与标准分析..... | 3 |
| 3.1 | 国内外研究现状..... | 3 |
| 3.2 | 本标准与同类标准或技术法规的对比..... | 6 |
| 4 | 标准制订的基本原则和技术路线..... | 8 |
| 4.1 | 标准制订的基本原则..... | 8 |
| 4.2 | 标准制订的技术路线..... | 8 |
| 5 | 标准主要技术内容..... | 9 |
| 5.1 | 标准适用范围..... | 9 |
| 5.2 | 标准结构框架..... | 9 |
| 5.3 | 术语和定义..... | 10 |
| 5.4 | 规范性引用文件..... | 11 |
| 5.5 | 总则..... | 11 |
| 5.6 | 技术流程..... | 13 |
| 5.7 | 遥感数据准备..... | 14 |
| 5.8 | 变化线索遥感识别..... | 14 |
| 5.9 | 疑似生态破坏问题图斑提取..... | 25 |
| 5.10 | 质量控制..... | 32 |
| 5.11 | 成果要求..... | 32 |
| 5.12 | 附录..... | 33 |
| 6 | 标准实施建议..... | 33 |
| 7 | 参考文献..... | 34 |

1 项目背景

1.1 任务来源

2013年11月，党的十八届三中全会通过的《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》中明确提出“要健全自然资源资产产权制度和用途管制制度，划定生态保护红线”。2015年9月，中共中央、国务院《生态文明体制改革总体方案》提出“划定并严守生态红线，严禁任意改变用途，防止不合理开发建设活动对生态红线的破坏”。2017年2月，中办、国办发布《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》（以下简称《若干意见》），指出生态保护红线是国家生态安全的底线和生命线，核心是要实现一条红线管控重要生态空间，确保生态功能不降低、面积不减少、性质不改变。按照《若干意见》的要求，2017年年底，京津冀区域、长江经济带沿线各省（直辖市）划定生态保护红线；2018年年底，其他省（自治区、直辖市）划定生态保护红线；2020年年底，全面完成全国生态保护红线划定、勘界定标，基本建立生态保护红线制度。

2020年12月，为贯彻落实《若干意见》，履行生态保护红线生态环境监管职责，生态环境部印发《生态保护红线生态破坏问题监管试点工作方案》（环办生态函〔2020〕703号），从落实京津冀协同发展、长江经济带发展、黄河流域生态保护与高质量发展等国家战略出发，考虑陆海统筹的重要性，同时结合各地生态保护红线工作基础和监管能力，指导天津、河北、江苏、四川、宁夏等5个省份率先开展生态保护红线生态破坏问题监管试点工作，试点任务监管重点包括六大类型人类活动：（1）矿产资源开发（含采石、采砂）；（2）工厂、工业园区等工业开发建设；（3）水电、风电等能源开发建设；（4）度假村、高尔夫球场等旅游开发建设；（5）道路、码头、港口等交通开发建设；（6）其他可能造成较大生态破坏的人类活动，如别墅及大规模毁林、毁草、毁湿、人造湖、围填海、破坏自然岸线等开发建设活动。

按照生态保护红线监管工作需要，2021年8月，生态环境部自然生态保护司、法规与标准司将《生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感快速识别技术规范》列入2022年国家生态环境标准计划（项目统一编号2022-23）。规范由生态环境部卫星环境应用中心牵头，海南省环境科学研究院、中国科学院空天信息创新研究院、北京吉威数源信息技术有限公司3家技术单位参加，组成编制组，开展编制相关研究工作。

1.2 工作过程

（1）2021年8月~2022年5月，在认真总结2020-2021年5个试点省份生态保护红线生态破坏问题监管试点相关工作经验的基础上，卫星环境应用中心全面梳理现有疑似生态破坏问题图斑遥感识别相关的技术标准、政策文件等，对主要内容、重点问题进行了梳理总结。

（2）2022年6月，在前期研究工作的基础上，卫星环境应用中心成立了标准编制组，海南省环境科学研究院、中国科学院空天信息创新研究院、北京吉威数源信息技术有限公司等行业相关单位和知名企业共同参与编制工作，完成标准草稿编制。

（3）为进一步规范生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感识别工作的主要内容和关键技术方法，2022年7月22日，编制组在北京组织召开了《生态保护红线疑似生态破坏问题图

斑遥感快速识别技术规范》专家咨询会，会议邀请了中科院空天院、中国环科院、环境规划院、四川环科院、江苏省环境监测中心、天津环科院（函询）等单位的6位专家，专家一致认为该技术规范规定了生态保护红线范围内疑似生态破坏问题图斑遥感监测的主要内容、技术方法、工作流程及质量要求等，规范内容完整、格式规范、技术路线合理可行，符合标准制订的相关要求，并建议将技术规范题目修改为《生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测技术规范》，尽快组织开题论证。编制组整理汇总专家意见28条，并逐一对照修改。

(4) 2022年8月初，编制组在前期专家咨询会意见修改完成基础上，形成了《生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感快速识别技术规范（草案）》，生态司组织完成了标准草案的开题论证会，专家从标准相关术语定义、问题图斑判定原则、影像数据源、质检规则和附件等多个方面提出29条意见，编制组逐一对照修改。同时，为了与生态保护红线系列技术标准规范命名格式保持一致，专家组一致建议将标准题目修改为《生态保护红线监管技术规范 疑似生态破坏问题图斑遥感识别（试行）》。

(5) 2022年9月，编制组在前期开题评审会意见修改完成基础上，形成了《生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感识别技术规范（试行）》，生态司组织完成了标准征求意见稿技术审查会，专家从标准相关术语定义、问题图斑判定原则、影像数据源、质检规则和附件等多个方面提出意见。同时，专家组一致建议将标准题目修改为《生态保护红线监管技术规范 疑似生态破坏问题图斑遥感监测（试行）》。编制组按照专家意见进一步修改完善标准文本和编制说明，形成《生态保护红线监管技术规范 疑似生态破坏问题图斑遥感监测（试行）》（征求意见稿）。

2 标准制定的必要性分析

2.1 适应生态保护红线监管工作的要求

随着全国生态保护红线划定工作的基本完成，生态保护红线监管刻不容缓。按照中办、国办《若干意见》要求，生态保护红线原则上按禁止开发区域的要求进行管理，严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，严禁任意改变用途，要实时监控人类干扰活动，及时发现破坏生态保护红线的行为。自然保护区是我国对重要的自然生态系统、自然遗迹、自然景观及其所承载的自然资源、生态功能和文化价值实施长期保护的陆域和海域，为规范自然保护区人类活动遥感监测的主要内容、技术流程、方法和技术要求等，生态环境部发布了《自然保护区人类活动遥感监测技术规范》（HJ 1156）。目前，生态保护红线人类活动遥感监测领域尚无相关标准规范，无法满足全国或区域生态保护红线人类活动遥感监测工作的迫切需求。

生态保护红线是指在生态空间范围内具有特殊重要生态功能、必须强制性严格保护的区域，是保障和维护国家生态安全的底线和生命线，通常包括具有重要水源涵养、生物多样性维护、水土保持、防风固沙、海岸生态稳定功能的生态功能重要区域，以及水土流失、土地沙化、石漠化等生态环境敏感脆弱区域。《中华人民共和国环境保护法》第二十九条指出：“国家在重点生态功能区、生态环境敏感区和脆弱区等区域划定生态保护红线，实行严格保护”。

党中央、国务院高度重视划定并严守生态保护红线工作。中共中央、国务院《生态文明体制改革总体方案》提出“划定并严守生态红线，严禁任意改变用途，防止不合理开发建设

活动对生态红线的破坏”的战略部署,《若干意见》更是进一步明确了划定并严守生态保护红线的具体要求,要求“实时监控人类干扰活动,及时发现破坏生态保护红线的行为,对监控发现的问题,通报当地政府,由有关部门依据各自职能组织开展现场核查,依法依规进行处理”。

2.2 新时期生态保护工作落到实处的关键

2017年以来,生态环境部联合发展改革委同有关部门和各省(区、市),按照《若干意见》要求,有序推进各项工作,取得阶段性成果。京津冀、长江经济带11省(市)和宁夏回族自治区等15省份初步划定生态保护红线,已经国务院批准并由省级人民政府发布实施;山西等16省份基本形成划定方案。2019年,自然资源部会同生态环境部指导各省(区、市)开展生态保护红线评估调整工作,进一步推动生态保护红线科学落地。

2019年,中办、国办印发《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》,明确指出生态保护红线内,自然保护区核心保护区原则禁止人类活动,其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动,在符合现行法律法规前提下,除国家重大战略项目外,仅允许对生态功能不造成破坏的八类有限人为活动。2022年8月,自然资源部、生态环境部和国家林草局联合印发《关于加强生态保护红线管理的通知(试行)》,要求进一步加强生态保护红线内人为活动管控,允许日常活动、考古、生态修复等10类对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

目前,全国生态保护红线基本划定,生态保护红线生态破坏问题监管工作任务重、要求高,对基于遥感的生态破坏问题图斑识别和提取技术的依赖越来越大。以前人类活动遥感快速识别和提取主要依赖人工作业,尚无相关技术规范,存在效率低,难以主动发现问题并及时预警,被动应对突发生态环境事件等问题。目前地物目标遥感识别和变化提取已从人工方式转变为“人工+智能”的方式,亟需形成一套充分利用智能算法、关键技术和信息化手段的科学、可行、完整、规范、统一的生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感识别技术规范,提高主动发现问题的质量和效率,指导推进生态保护红线生态遥感主动监测工作。

3 国内外相关研究与标准分析

3.1 国内外研究现状

3.1.1 遥感自动变化检测技术国内外研究现状

遥感变化自动提取国内外研究发展现状如下:传统方法可分为基于代数、特征变换、特征分类以及特征聚类四个类别。基于代数的变化检测算法是通过每个像素进行数学操作,进而计算出变化区域,包括图像求差^[1-3],图像求比值^[4]以及图像变化向量分析^[5,6]等。基于特征变换的方法是对图像像素进行变换,通过对比变换后的信息计算变化,主要方法包括主成分分析^[7-9],缨帽变换^[10-13],卡方变换^[14]等。相比传统的变化检测方法,深度学习的方法具有更强的表达能力,更高的精度,更好的抗噪性能以及泛化能力。深度学习算法能够自动从大数据中挖掘出更深层次的特征,充分利用时间、空间以及光谱维度信息,进而更好的完成变化检测任务。基于深度学习的变化检测算法,根据采用的网络结构,可以将他们分为三

类：单路径网络、双路径网络以及多网络集成。

国外研究者 S Zagoruyko 等人^[15]提出了双通道孪生网络方案，将两个单通道数据拼接成双通道数据输入网络，并且证明这样比简单的孪生网络更优。研究^[16-17]使用简单孪生网络结构实现了光学遥感影像的变化检测，网络采用两个共享权重的编码器提取特征，并通过直接拼接特征计算变化。A. K. Thakkar 等人^[18]设计了一个全新的注意力模块来计算变化特征，该模块使用分形 Tanimoto 相似度 (fractal Tanimoto similarity) 来对比注意力模块中的 queries 和 keys。W Wiratama 等人^[19]针对全色变化检测数据提出了一种双网络策略，其中一个网络采用孪生结构输入两期数据，另一个使用两期数据叠加输入单路径网络。在预测阶段，两个网络输出结果采用交集的方式投票。

国内研究者 Y Gao 等人^[20]同样将拼接的原始数据输入神经网络。他们采用了一种无监督的方式，通过对数比值法计算出变化图斑，并通过 FCM 将图斑聚类成有变化、无变化以及不确定类别三类，前两类作为标签，第三类为神经网络需要解决的对象。J Geng 等人^[21]在数据融合过程中，加入了使用比值法做出的变化图层，最终将双时相影像数据与变化图层在通道维拼接，一起输入分类网络。在高分辨率光学影像的变化检测任务中，D Peng 与 X Peng 都采用了一种基于 Unet++^[22]的变化检测网络结构，通过将双时相的影像在通道维拼接构建多光谱数据，并将新数据输入单分支网络得到变化图斑。P Zhang 等人^[23]设计了一种匹配神经网络，用于解决 SAR 与多光谱数据之间的变化检测问题。同样在光学影像与 SAR 的变化检测问题上，T Zhan 等人^[24]通过无监督学习的方法提取两组数据高维特征，并提出一种迭代特征匹配网络用于特征匹配，最终使用匹配好的特征计算变化。H Jiang 等人^[25]针对变化检测问题提出了 PGA-SiamNet，该网络使用纯孪生网络结构，采用多种注意力结构搭配金字塔结构实现丰富的特征提取，在多个变化检测数据集上表现优秀。T Liu 等人^[26]针对 SAR 数据设计简单的伪孪生结构网络，网络通过两个编码器提取特征，并将两组特征输入全连接网络计算变化。由于变化检测标签难以获得，大量无监督学习的孪生网络算法也被提出^[27,28]。

3.1.2 遥感自动识别技术各业务领域的应用状况

近年来，遥感 AI 的快速发展在影像智能解译中取得了一定应用成效，但在实际业务应用中还处于探索尝试阶段，难以直接解决业务问题，尤其是复杂的业务问题。自然资源、生态环境、应急管理、水利、农业及特种领域等遥感监测业务场景、业务逻辑均较为复杂，仍然需要依赖大量的人工作业才能满足监测需求。

当前各行业均在尝试遥感智能信息提取能力建设。自然资源领域，针对耕、园、林、草、湿地、建筑物、道路等基础要素和光伏用地、围填海等专题要素提取及全要素变化、变更调查、耕地非农化和非粮化等监测进行了探索；生态环境领域，对自然保护区、国家公园、生态保护红线等区域生态破坏（新增建筑物、新增推填土、新增线性地物等）及生态修复的智能识别进行了探索；应急管理领域，对房屋建筑、道路、桥梁、农业要素等承灾体，积雪、冰凌、洪涝、火点等致灾因子，尾矿库、化工厂、储油罐和水利设施等隐患目标和承灾体损毁、灾害范围识别等监测进行了探索；水利领域，对河湖四乱“乱堆、乱建、乱占、乱采”等智能提取进行了探索；农业领域，对作物识别、产量预测、病虫害等识别能力进行了研究；特种领域，对机场、港口、阵地、打击评估等智能监测能力进行了探索。

3.1.3 遥感识别的行业标准

(1) 国外相关的标准状况

生态保护红线是我国提出的环境保护新概念,国际标准中没有专门针对生态保护红线人为活动类型及其变化的相关标准,部分标准与本标准的部分内容相关:一是部分标准规定了利用遥感技术进行环境监测的方法和内容,如德国化学标准会和英国标准学会发布的《水质环境数据的收集用遥感操作和/或拖曳监测齿轮进行可视化海底调查》(DIN EN16260)(BS EN16260);二是对区域土地利用类型及其分类制定了标准。如美国马里兰大学于1998年基于监督分类的方法,制定出包含14个不同土地利用类型的土地分类体系。欧盟科学中心基于遥感数据,运用非监督分类方法,开发出22类土地利用类型的全球土地覆盖产品(GLC2000),其中人类活动包括耕地、农田和人工表面等。欧洲航天局通过全球合作完成了300米分辨率的全球地表覆盖图(GLOBCOVER),其中人类活动相关类型包括水田、旱地、耕地/植被混合体和人工表面等。

(2) 国内相关行业标准的情况

目前,国内利用遥感进行自动识别在各行业得到了普遍应用,并建立了相关标准和规章。相关国家部门发布了系列利用遥感波段信息识别某类生态环境问题的国家标准,例如《森林植被状况监测技术规范》(GB/T 30363),利用遥感技术、地理信息技术结合地面调查,监测植被类型、分布及健康等状况;《风沙源区草原沙化遥感监测技术导则》(GB/T 28419),对遥感数据进行处理,获得监测对象的真实反射率,从而提取监测区域的沙化专题信息;《岩溶地区草地石漠化遥感监测技术规程》(GB/T 29391),主要利用遥感影像提取监测区植被状况、坡度和岩石裸露率等专题信息,例如通过遥感影像的波段反射率信息提取植被盖度,通过不同植被类型在遥感影像上解译标志,提取监测区植被类别,以及利用地面岩石裸露率测定数据与对应的敏感波段影像波段值之间的遥感模型,估算监测区岩石裸露率。

利用遥感数据识别和提取专题信息广泛应用于许多各部门具体业务,例如应用于土地调查、林业监测、农情监测及矿产资源开发等。各部门制定了遥感信息提取行业标准,并根据具体业务需求,对遥感数据的质量、处理技术、成果等提出了具体要求。在利用遥感监测国土调查和土地利用变更方面,自然资源部门制定了一系列行业标准和规章,对影像数据的分辨率、云覆盖及处理等提出具体要求,对遥感反演结果的内容和格式提出了明确的要求。《第三次国土调查技术规程》(TD/T 1055)规定,农村土地利用现状调查采用优于1m分辨率全国的遥感影像资料,城镇内部土地利用现状调查采用优于0.2m分辨率的航空遥感影像资料,并对遥感数据在云量、成像侧视角、噪声等方面提出质量要求;《土地利用动态遥感监测规程》(TD/T 1010)规定了在利用遥感影像识别土地利用动态时的遥感影像质量要求、遥感影像的校正、配准、融合、镶嵌等具体处理技术要求。《国土变更调查技术规程》(自然资办发〔2021〕68号)规定了利用遥感影像进行土地利用变化及国土变更的影像质量、处理技术和成果的要求。水利部门利用遥感数据开展了大尺度的应用分析,如土壤墒情、灾害评估、水土环境调查等,并发布了系列标准。如《水土保持遥感监测技术规范》(SL 592),主要利用遥感数据提取土地利用、植被覆盖度等土壤侵蚀相关的环境因子,从而反映土壤侵蚀状况、水土流失防治状况,并对遥感影像的质量和处理流程给予明确规定,根据不同比例尺对遥感影像的分辨率提出要求。林业部门发布了利用遥感监测林地种类、面积和资源变化的监测标

准，如《林地变更调查技术规程》（LY/T 2893）主要利用经过处理好的前后期遥感影像，对照前期林地数据库，重点判读林地范围内新增的建设用地、耕地等图斑，形成林地变更图斑；《区域人工林资源面积遥感监测技术规程》（T/CSF 012），主要利用 10-30 米空间分辨率卫星遥感影像对桉树、油松等人工林进行面积动态监测。农业部门利用遥感自动识别农情和长势监测，如《农情监测遥感数据预处理技术规范》（NY/T 3526）。气象部门发布的《卫星遥感火情监测方法 第 4 部分：过火区面积估算》（QX/T 344.4）、《卫星遥感监测产品规范 湖泊蓝藻水华》（QX/T 561）、《卫星遥感南海夏季风爆发监测技术导则》（QX/T 379），利用不同卫星、不同分辨率的影像进行气象灾情等专题信息提取。地震部门利用遥感自动识别开展了相关监测工作，如《地震灾害遥感评估 地震灾害》（DB/T740）、《矿产资源开发遥感监测技术规范》（DZ/T 0266）均为利用遥感信息建立矿产资源开发、滑坡、崩塌、地震泥石流、地震地表破裂带的解译标志，提取专题信息。

生态环境部门利用遥感自动识别技术在生态保护红线监管、饮用水水源地监测、尾矿库监测和自然保护区遥感监测等方面出台了相关技术标准或指导性文件，如生态保护红线监管系列技术规范，主要利用遥感数据进行生态保护红线本底调查、监测等具体监管内容的技术细节和要求进行了相关规定。《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》（HJ 1156）对于自然保护地人类活动的遥感监测方法、监测内容和监测成果等进行了规定。《尾矿库环境风险评估技术导则（试行）》（HJ 740）规定了尾矿库环境风险评估的内容、方法和主要流程。

表 1 国内相关行业标准列表

| 标准类别 | 标准号 | 标准名称 |
|----------|----------------|-----------------------------|
| 国家标准 | GB/T 30363 | 《森林植被状况监测技术规范》 |
| | GB/T 28419 | 《风沙源区草原沙化遥感监测技术导则》 |
| | GB/T 29391 | 《岩溶地区草地石漠化遥感监测技术规程》 |
| 自然资源部门标准 | TD/T 1055 | 《第三次国土调查技术规程》 |
| | TD/T 1010 | 《土地利用动态遥感监测规程》 |
| | 自然资办发（2021）68号 | 《国土变更调查技术规程》 |
| 水利部门标准 | SL 592 | 《水土保持遥感监测技术规范》 |
| 林业部门标准 | LY/T 2893 | 《林地变更调查技术规程》 |
| | T/CSF 012 | 《区域人工林资源面积遥感监测技术规程》 |
| 农业部门标准 | NY/T 3526 | 《农情监测遥感数据预处理技术规范》 |
| 气象部门标准 | QX/T 344.4 | 《卫星遥感火情监测方法 第 4 部分：过火区面积估算》 |
| | QX/T 561 | 《卫星遥感监测产品规范 湖泊蓝藻水华》 |
| | QX/T 379 | 《卫星遥感南海夏季风爆发监测技术导则》 |
| 地震部门标准 | DB/T 740 | 《地震灾害遥感评估 地震灾害》 |
| | DZ/T 0266 | 《矿产资源开发遥感监测技术规范》 |
| 生态环境部门标准 | HJ 1140-1146 | 《生态保护红线监管系列技术规范》 |
| | HJ 1156 | 《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》 |
| | HJ 740 | 《尾矿库环境风险评估技术导则（试行）》 |

3.2 本标准与同类标准或技术法规的对比

3.2.1 本标准与同类标准的异同

本文件的制定特别注意与已有国内外标准的衔接，在标准研究过程中生态保护红线人类

活动类型分类参考了欧洲航天局通过全球合作完成的 300 米分辨率的全球地表覆盖图（GLOBCOVER）的分类体系。在标准编制中与《第三次国土调查技术规程（TD/T 1055）》《土地利用动态遥感监测规程（TD/T 1010）》《国土变更调查技术规程（自然资办发〔2021〕68 号）》《自然保护地人类活动遥感监测技术规范（HJ 1156）》等行业标准规范和相应规定、规程做了的衔接，保证了信息的可持续共享应用。

本标准的制定特别注重与现行法律、法规和政策以及相关标准的协调，在制定过程中认真贯彻《中华人民共和国环境保护法》，参考《第三次国土调查技术规程（TD/T 1055）》《土地利用动态遥感监测规程（TD/T 1010）》《国土变更调查技术规程（自然资办发〔2021〕68 号）》《自然保护地人类活动遥感监测技术规范（HJ 1156）》《土地利用数据库标准》《国土调查数据库标准》《土地利用现状分类》《林地保护利用规划林地落界技术规程》等法律法规、技术标准规范性文件。本标准在制定过程中充分借鉴已有成果，在生态破坏问题目标分类体系、属性设置、技术成果应用等方面做好衔接，因此，本规范与相关的法律、法规、规章及相关标准是保持一致的，没有冲突的内容。

本标准在遥感影像质量选择、数据处理、人为活动分类、监测成果格式等方面与现行标准做了很好的衔接，保证了信息可延续性，又针对生态保护红线这一特殊区域范围及生态破坏图斑这一关键内容，在数据质量要求、计算方法、重点关注的生态破坏人类活动类型及成果后续应用等方面做了更进一步的明确，以满足生态保护红线监管需求。例如影像数据方面，国土测绘部门相关标准规定航空影像等要求，本标准根据生态环境部门的实际，提出单景影像云雪量一般不应超过 10%（特殊情况不应超过 20%），且确保重点监测区域范围无云雪覆盖。针对多云、戈壁荒漠、常年冰雪覆盖等生态保护红线区域，可适当放宽影像分辨率及云雪量要求。数据处理中细化了生态破坏问题图斑从自动提取-人工交互-问题图斑判定等各类图斑提取的具体步骤，这些内容在以往标准中没有具体明确的规定。人类活动分类方面参考了《生态保护红线监管技术规范 基础调查》《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》，在这两个规范的基础上进一步细化人为活动类型。监测成果在属性设置上更倾向于台账的方式，利于后期追踪。

3.2.2 本标准的特色

在全球范围内，生态保护红线和生态保护红线遥感监测均是新兴事物。生态保护红线系列规范近两年才陆续出台，仍缺少生态保护红线相关的疑似生态破坏问题图斑遥感监测的相关标准规范。生态保护红线监管主要是针对一系列生态破坏问题及其导致的生态保护红线面积、性质和功能等方面的变化进行监管，人类活动监管是最基本的监管内容。纵观以往各行各业标准，均是利用某特定光谱信息进行了遥感反演和识别工作。已发布的《生态保护红线监管系列技术规范》在地面调查和评估方面规定了操作内容和方法，缺少利用遥感的手段进行人类活动破坏图斑识别与动态监管方面的技术规范。已发布的《自然保护地人类活动监测技术规范》规定了人类活动图斑提取大小、图斑属性赋值及质量控制等方面，但主要基于人工判读的方式进行规定，缺少利用遥感波谱信息和自动识别软件进行人类活动识别的相关标准规定。

通过与国内外同类标准相比，本标准的突出特点主要体现在：

1、本标准直接明确了适用范围为生态保护红线，重点突出了生态保护红线疑似生态破

坏问题图斑遥感监测技术流程与工作要求。

2、生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测重点关注发生变化图斑的监测，在遥感识别方法上，纳入了基于深度学习的自动变化检测技术提取图斑线索的方式，明确了该方式的工作流程与技术要求。

3、充分统筹、衔接已有其他生态空间范围的人类活动分类体系，生态保护红线疑似生态破坏问题图斑类型分类做到全覆盖的同时，又有所侧重。本规范可与其他生态环境遥感监测标准规范（如《自然保护地人类活动遥感监测》、《卫星遥感秸秆焚烧监测》、《集中式地表水饮用水水源地风险源遥感调查》等技术规范）的相关技术要求进行衔接。

4 标准制订的基本原则和技术路线

4.1 标准制订的基本原则

4.1.1 科学性

充分参考和借鉴其他领域遥感监测相关的指标体系、技术方法、主要流程等先进经验，科学设计和制定遥感监测的技术方法和指标路线，提高生态破坏问题图斑识别准确度，为生态保护红线生态破坏问题图斑遥感监测工作提供依据。

4.1.2 先进性

为提高生态保护红线生态破坏问题图斑监测的效率和精度，充分调研国内外计算机、大数据、深度学习、人工智能等先进技术，保证生态遥感识别技术和方法的先进性。

4.1.3 效益性

采取自动提取和人工判定相结合的方式，在避免人力物力投入过度的基础上，最大限度提高提取结果的准确性和实效性，提升生态保护红线人为活动遥感监测的社会、经济、生态环境整体效益。

4.2 标准制订的技术路线

本标准总体构架设计的编制遵循以下技术路线（如图1）。

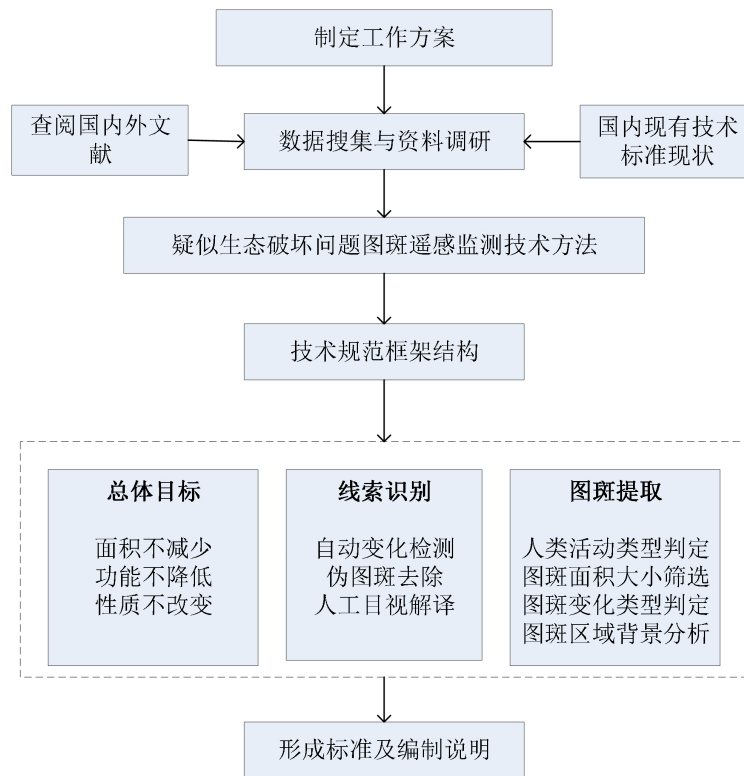


图 1 标准制订的技术路线

5 标准主要技术内容

5.1 标准适用范围

本条对标准的适用范围进行了说明。

本标准规定了生态保护红线范围内疑似生态破坏问题图斑遥感识别的主要内容、技术方法、工作流程和工作要求等。

本标准适用于生态保护红线范围内疑似生态破坏图斑的识别和问题判定等遥感监测工作，其他生态空间疑似生态破坏问题图斑遥感监测可参照执行。

5.2 标准结构框架

本标准主要内容包括 11 个部分，具体如下：

(1) 适用范围：明确本标准的主体内容与适用范围。

(2) 规范性引用文件：明确了所依据的现有技术标准规范、政策文件等。

(3) 术语和定义：明确了本标准中生态保护红线、高分辨率遥感影像、历史/现势影像、遥感变化监测、自动变化检测图斑、伪变化图斑、疑似人为活动变化图斑、疑似生态破坏问题图斑等的定义与内涵。

(4) 总则：明确生态保护红线生态破坏问题图斑坐标系统、监测手段、监测内容、图斑解译技术要求和图斑编码规则。

(5) 技术流程：明确生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测的技术流程主要包

括数据准备、线索识别、图斑提取、质量控制、成果要求等。

(6) 遥感数据准备：明确生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测所需的数据基础。

(7) 变化线索遥感识别：基于历史/现势遥感影像数据，采用自动变化检测和人工目视解译相结合的方法，提取遥感影像上的变化目标和区域。

(8) 疑似生态破坏问题图斑提取：从人为活动类型判定、图斑面积大小筛选、图斑变化类型判定和图斑区域背景分析四个方面进行疑似生态破坏问题图斑提取。

(9) 质量控制：采用“软件自动检查+人工审核抽查”方式，对疑似生态破坏问题图斑矢量数据的空间和属性信息进行正确性、完整性质检，确保成果数据质量。

(10) 成果要求：明确生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测的成果主要包括疑似生态破坏问题图斑矢量数据、遥感监测报告。

(11) 附录：明确生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测人为活动分类、编码及定义，生态保护红线疑似生态破坏问题图斑人为活动类型遥感解译标志库示例，生态保护红线疑似生态破坏问题图斑矢量数据属性表和生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测报告及清单模板。

5.3 术语和定义

本条是为执行本标准制定的专业术语和对容易引起歧义的名词进行的定义，主要依据《生态保护红线监管技术规范 基础调查（试行）》等生态保护红线监管系列标准和《自然保护区人类活动遥感监测技术规范》等标准规范。

5.3.1 生态保护红线 ecological conservation redline

指在生态空间范围内具有特殊重要生态功能、必须强制性严格保护的区域，是保障和维护国家生态安全的底线和生命线，通常包括具有重要水源涵养、生物多样性维护、水土保持、防风固沙、海岸生态稳定等功能的生态功能重要区域，以及水土流失、土地沙化、石漠化等生态环境敏感脆弱区域。“生态保护红线”的定义引自《生态保护红线监管技术规范 基础调查（试行）》（HJ 1140）。

5.3.2 高分辨率遥感影像 high-resolution remote sensing image

指空间分辨率优于或等于 2 米的遥感影像，包括航空遥感影像和航天遥感影像。本规范中若无特殊强调，所述影像皆是指高分辨率光学影像。“高分辨率遥感影像”是为疑似生态破坏问题图斑遥感监测数据准备而定义，以满足遥感监测对影像数据的要求。

5.3.3 历史/现势影像 historical/ current image

指基于高分辨率卫星遥感影像识别地表变化的前/后期时相影像。“历史/现势影像”是为区别遥感监测所使用的前/后两期影像而定义，前时相影像定义为历史影像，后时相影像定义为现势影像。

5.3.4 遥感变化监测 remote sensing change monitoring

基于历史/现势影像数据，利用数字图像处理技术，对同一目标或区域进行对比监测，

以获取其动态变化信息的过程。“遥感变化监测”定义了基于两期遥感影像解译地表变化信息的过程。

5.3.5 自动变化检测图斑 automatic change detection spot

指采用自动变化检测技术方法提取且尚未经过伪变化图斑去除和人工判读的图斑。“自动变化检测图斑”的定义基于生态保护红线生态破坏问题监管试点工作的经验，是疑似生态破坏问题图斑遥感监测工作中产生的过程数据。

5.3.6 伪变化图斑 pseudo-change spot

指自动检测过程中由于影像质量、配准误差等技术原因，以及山体阴影、季相变化、河/湖/海水位变化、云雪覆盖等自然原因产生的非真实人为活动变化图斑。“伪变化图斑”是为疑似生态破坏问题图斑监测中剔除无效图斑而定义。

5.3.7 疑似人为活动变化图斑 change spot of suspected human activities

指基于自动变化检测、人工目视解译结果，剔除伪变化图斑后得到的遥感监测变化图斑，是疑似生态破坏问题图斑遥感监测的中间成果。包括新增、扩大和减少三种变化图斑类型。“疑似人为活动变化图斑”的定义基于生态保护红线生态破坏问题监管试点工作的经验，是疑似生态破坏问题图斑遥感监测工作中产生的过程数据。

5.3.8 疑似生态破坏问题图斑 spot of suspected ecological damage problem

指基于疑似人为活动变化图斑，结合相关法律法规和生态保护红线管控要求，识别提取的可能导致生态保护红线内生态系统结构损坏、质量下降、服务功能降低的人为破坏活动图斑，包括矿产资源开发、工业开发建设、能源开发建设、旅游开发建设、交通开发建设、海洋开发建设、居民点、养殖场和其他开发建设等9种类型。“疑似生态破坏问题图斑”的定义基于生态保护红线生态破坏问题监管试点工作的经验，是疑似生态破坏问题图斑遥感监测工作产生的最终成果数据。

5.4 规范性引用文件

本条列出了在规范中所引用的规章、标准、技术规范等规范性文件，凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。具体引用内容如下：

| | |
|-------------|---|
| GB/T 18316 | 《数字测绘成果质量检查与验收》 |
| HJ 1145 | 《生态保护红线监管技术规范 数据质量控制（试行）》 |
| HJ 1156 | 《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》 |
| TD/T 1055 | 《第三次全国国土调查技术规程》 |
| CH/T 1015.3 | 《基础地理信息数字产品 1:10 000 1:50 000 生产技术规程 第3部分：数字正射影像图(DOM)》 |

5.5 总则

按照生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测的要求和实际作业需求，对坐标系统、监测手段、监测内容、图斑解译技术要求和图斑编码规则等内容规定如下。

5.5.1 坐标系统

疑似生态破坏问题图斑矢量数据和影像数据参照我国当前最新的国家大地坐标系统,采用 2000 国家大地坐标系 (CGCS2000)。

5.5.2 监测手段

利用多源高分辨率遥感影像数据,采用自动变化检测、人工目视解译二者结合的方式,开展生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测工作。

关于疑似生态破坏问题图斑遥感监测的主要方式和手段,有条件的可先进行自动变化检测,基于自动变化检测的成果再采用人工目视解译的方式提取疑似生态破坏问题图斑,提高遥感监测的效率。不具备自动变化检测能力的可直接采用人工目视解译的方式。

5.5.3 监测内容

参照生态保护红线疑似生态破坏问题图斑监管试点的工作基础和相关要求,为更好支撑生态保护红线人类活动监管工作,生态保护红线内疑似生态破坏问题图斑监测内容可主要包括空间位置、图斑面积、变化类型、人为活动类型等。

5.5.4 图斑解译技术要求

为保证生态保护红线疑似生态破坏问题图斑提取的效率和精度,疑似生态破坏问题图斑解译在判读顺序、影像显示比例尺、图斑边界勾划和图斑属性赋值等方面有明确的技术要求。

(1) 判读顺序:采用网格作业法,在监测区域划定标准网格,逐网格依次判读,确保覆盖全部监测区域,网格大小依据监测区域范围、影像分辨率、判读比例尺等因素确定。

(2) 影像显示比例尺:人工目视解译时,影像显示缩放比例不小于 1:4000。

(3) 图斑边界勾划:沿影像特征发生变化的地物边界,准确勾绘成闭合图斑边界线,边界勾划误差不超过 2 个像元。

(4) 图斑属性赋值:规范、完整填写疑似生态破坏问题图斑矢量数据属性字段信息。属性表见表 2。

表 2 生态保护红线疑似生态破坏问题图斑矢量数据属性表

| 序号 | 字段名称 | 字段类型 | 说明 |
|----|----------|------|---|
| 1 | 图斑编号 | 文本 | 编码规则:生产时间(年月,6位)-行政区划(6位)-类型码(4位)-序号码(3位) |
| 2 | 人为活动类型 | 文本 | 见表 19 |
| 3 | 人为活动类型编码 | 文本 | 见表 19 |
| 4 | 面积 | 数字 | 单位:hm ² ,保留 4 位小数 |
| 5 | 变化类型 | 文本 | 见表 20 |
| 6 | 中心经度 | 数字 | 十进制度,保留 6 位小数 |
| 7 | 中心纬度 | 数字 | 十进制度,保留 6 位小数 |
| 8 | 历史影像日期 | 日期 | YYYY-MM-DD |
| 9 | 现势影像日期 | 日期 | YYYY-MM-DD |
| 10 | 图斑生产日期 | 日期 | YYYY-MM-DD |

| 序号 | 字段名称 | 字段类型 | 说明 |
|----|------|------|----|
| 11 | 省 | 文本 | |
| 12 | 市 | 文本 | |
| 13 | 县 | 文本 | |
| 14 | 备注 | 文本 | |

5.5.5 图斑编码规则

采用唯一编码方式，编码规则：图斑生产时间（年月，6位）-行政区划（省市县，6位）-类型码（4位）-序号（3位），如“202210-110108-0101-001”。

图斑编码规则是基于生态保护红线生态破坏问题监管试点工作的基础和经验，按照唯一性、全面性、简洁性的原则设计形成。

5.6 技术流程

生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测的技术流程基于生态保护红线疑似生态破坏问题图斑试点工作和前期开展的疑似生态破坏问题图斑遥感监测任务，并参照《自然保护区人类活动遥感监测技术规范》的技术流程总结而来，主要包括数据准备、线索识别、图斑提取、质量控制和成果要求等，见图2。

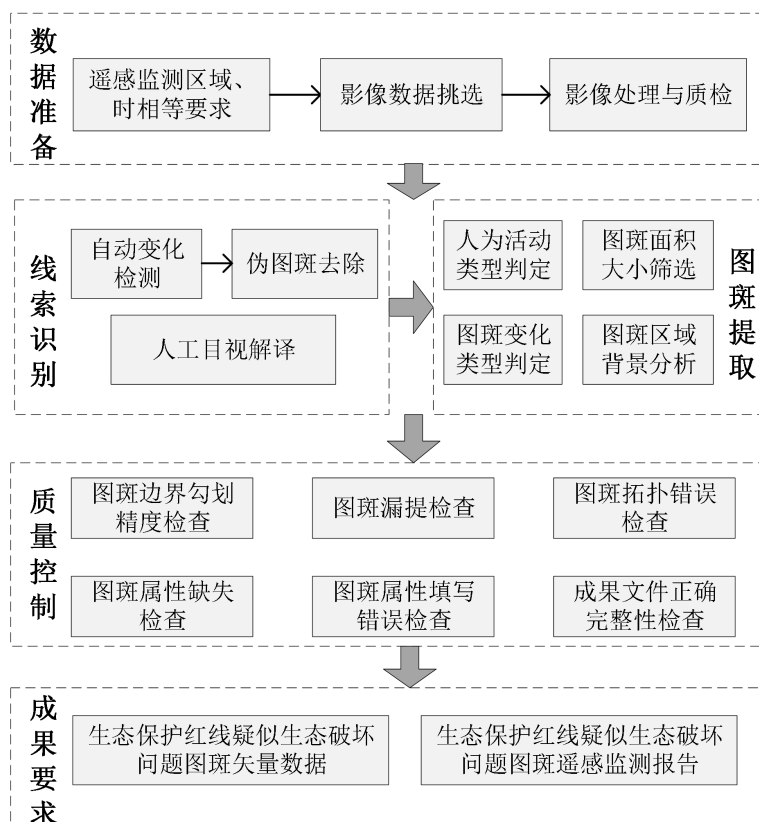


图 2 生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测的技术流程图

5.7 遥感数据准备

5.7.1 影像挑选

根据任务要求，挑选覆盖生态保护红线监测区域的高分辨率光学影像数据，遥感影像选取要求参照《第三次全国国土调查技术规程》(TD/T 1055)执行。此外，针对多云、常年冰雪覆盖区以及戈壁荒漠等生态保护红线区域，可适当放宽影像分辨率及云雪量要求。

按照《第三次全国国土调查技术规程》(TD/T 1055)有关的要求，遥感影像数据选取应满足以下条件：

- (1) 光学数据单景云雪量一般不应超过 10%（特殊情况不应超过 20%），且云雪不能覆盖重点调查区域；
- (2) 成像侧视角一般小于 15°，最大不应超过 25°，山区不超过 20°；
- (3) 调查区内不出现明显噪声和缺行；
- (4) 灰度范围总体呈正态分布，无灰度值突变现象；
- (5) 相邻景影像间的重叠范围不应少于整景的 2%。

5.7.2 影像处理

依据《基础地理信息数字产品 1:10 000 1:50 000 生产技术规程 第 3 部分：数字正射影像图(DOM)》(CH/T 1015.3)，对挑选的影像数据进行正射校正、融合、镶嵌等处理。

平原区域影像校正精度不超过 1 个像元，山区不超过 2 个像元，影像波段组合采用真彩色波段组合；两期影像的配准精度误差不超过 2 个像元；影像灰度范围总体呈正态分布，无灰度值突变现象、无明显噪声和缺行；相邻景影像间的重叠范围不应少于整景的 2%。

5.7.2 影像质检

对处理后的遥感影像数据进行数据质量检查，检查项及质检要求依据《数字测绘成果质量检查与验收》(GB/T 18316)执行。

按照《数字测绘成果质量检查与验收》(GB/T 18316)，质量检查的方式主要有计算机自动检查、计算机辅助检查和人工检查，在质量检查工作中，应优先使用软件自动检查、人机交互检查。

5.8 变化线索遥感识别

基于历史/现势遥感影像数据，采用自动变化检测方法和人工目视解译方法相结合的方式，提取遥感影像上的变化目标和区域。

5.8.1 自动变化检测

采用自动变化检测技术、方法，基于人为活动变化检测样本库，开展监测区域内变化图斑的自动提取。自动变化检测算法模型一般包括数据前处理、变化图斑检测、结果后处理三个方面，能够实现投影转换、均值方差计算、重叠区域分析、变化区域提取、图斑矢量化、破碎图斑剔除、矢量边缘优化等功能。

5.8.2 人工目视解译

基于历史/现势高分辨率遥感影像和相关背景数据资料，利用遥感影像处理软件系统，结合解译标志库各种变化图斑类型特征，通过人工目视解译提取监测区域内疑似生态破坏问题图斑。人工目视解译标志库示例见表 3~11。解译标志库中的示例以数据库的方式进行存储，须包括疑似生态破坏问题图斑类型、截图示例、特征等字段，示例图片格式为 JPEG、PNG，图片大小为 512*512。

表 3 居民点类型遥感解译标志示例

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|-------|---------------------------|--|
| 城镇 | 面积规模大，拥有配套生活设施，交通发达 |  |
| 农村居民点 | 规模较小，附近道路和生活设施较差，一般环绕大量耕地 |  |

表 4 工业开发建设类型遥感解译标志示例

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|----|--------------------------|--|
| 工厂 | 青灰色或红灰色房屋，规模较大，可见配套的人工设施 |  |

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|-----|------------------------|---|
| 工业园 | 青灰色或红灰色房屋，排列较规则，分布较密集 |  |
| 盐田 | 紧邻海岸边，呈规则格网状，每一格则是一块盐田 |  |

表 5 矿产资源开发类型遥感解译标志示例

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|----------|----------------------------|--|
| 矿产开采 | 面积较大，亮灰白色裸露地表 |  |
| 采砂（沙/土）场 | 主要分布在山区或河道附近，可见砂石堆放场，有道路连通 |  |









| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|-------|---------------|--|
| 尾矿堆放地 | 色调较暗，具有明显条带特征 |  |

表 6 能源开发建设类型遥感解译标志示例

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|------|--|--|
| 水电设施 | 主要分布在河流上游，呈长条状，将河流截断 |  |
| 风电设施 | 主要分布在山区、戈壁、湖库岸边、海上等空旷处，可见风叶，阴影细长，分布较密集，有道路连通 |  |
| 光伏设施 | 呈格网状灰色，排列整齐，面积较大 |  |

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|-------|---|--|
| 火电设施 | 一般位于郊区，可见高大的烟囱等人工设施，面积规模较大，周围大多可见煤炭传输设施 |  |
| 核电设施 | 包括核燃料制造厂、核反应堆、核动力厂、燃料贮存设施、核燃料浓缩厂或后处理设施等 |  |
| 输变电设施 | 包括变压器、电抗器、避雷器、架空线路、电缆线路等 |  |
| 油气设施 | 圆筒状储油设施 |  |

表 7 交通开发建设类型遥感解译标志示例

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|-------|---------------------------|--|
| 铁路 | 连接城镇，长直带状直线，可见铁路分轨及导线桩 |  |
| 等级道路 | 呈现为一定弧度的条带状，路两边有林带，灰白或亮白色 |  |
| 机场 | 有明显长条状的飞机跑道，面积和规模较大 |  |
| 港口/码头 | 靠水域分布，有明显的堆积物和集装箱等人工设施 |  |

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|--------|-----------------|---|
| 其他道路 | 呈一定弧度的条带状，宽度较窄 |  |
| 交通服务场站 | 多大型公交车辆、货运车辆等集聚 |  |

表 8 旅游开发建设类型遥感解译标志示例

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|----------|---------------------------|--|
| 风景名胜设施用地 | 多有古典建筑存在，通常有名录 |  |
| 度假村 | 房屋低矮，数量多，分布规则不统一，附近自然景观较好 |  |



| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|-------|---------------------------------|---|
| 高尔夫球场 | 可见绿色或灰绿色比较平整规则的地表,区域内分布有面积较小的水域 |  |
| 宗教设施 | 房屋分布和排列较对称,一般有围墙,大部分主体建筑呈金黄色 |  |

表 9 养殖场类型遥感解译标志示例

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|-------|-------------------------------|--|
| 淡水养殖场 | 位于河湖、水库岸边带,呈较规则的格网状,一般规模和面积较大 |  |
| 海水养殖场 | 利用沿海的浅海滩涂养殖海洋水产经济动植物的场地 |  |


| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|-------|--------------|--|
| 畜禽养殖场 | 一般建有厂棚或小规模墙院 |  |

表 10 海洋开发建设遥感解译标志示例








| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|-------|--------------------------------|--|
| 围填海造地 | 分布在沿海，呈现明显的水体变裸土、植被或建筑特征 |  |
| 岸线开发 | 紧邻海洋，自然地表变为人造地表，有明显的硬化地表、建筑物特征 |  |
| 钻井平台 | 位于海面上的大型钻油设施 |  |

表 11 其他开发活动类型遥感解译标志示例

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|------|--|--|
| 大棚 | 一般为青灰色或白色的规则条带矩形，主要分布在田间，具有一定规模 |  |
| 别墅 | 规模较大，一般为多栋独立的低矮建筑，排列较整齐，主要分布在自然景观较好的区域 |  |
| 水渠 | 从河流或水库引入农田灌溉，呈长条状 |  |
| 人工湖库 | 人工拦截而成，多数修有大坝，附近有配套人工设施 |  |

| 类型 | 特征 | 解译标志示例 |
|----|----------------------------------|--|
| 其他 | 大面积的毁林、毁湿、毁草等，有明显开发建设活动引起的地表裸露痕迹 |  |

5.8.3 伪变化图斑剔除

当采用自动变化检测算法模型方法提取疑似变化线索图斑时，由于影像质量、配准误差等技术原因，以及山体阴影、季相变化、河/湖/海水位变化、云雪覆盖等因素影响，会误提一部分非真实变化图斑，在进行下一步判定时对于非真实变化图斑，通过人机交互式判读方式予以剔除，保留地表真实人为活动变化信息，得到疑似人为干扰变化图斑。典型各类伪变化图斑示例见表 12~16。

表 12 影像配准引起的影像变化



表 13 山体阴影引起的影像变化

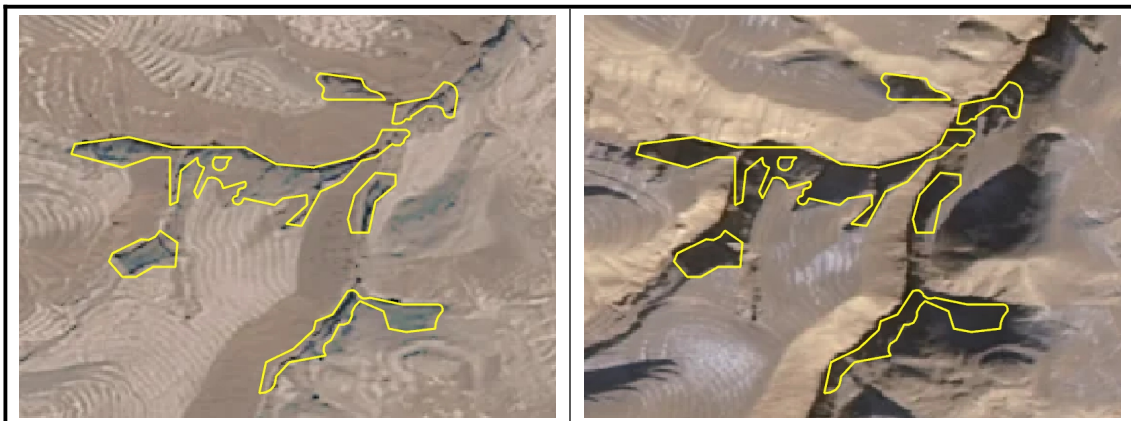


表 14 河/湖/海水位变化引起的影像变化



表 15 冰雪覆盖引起的影像变化

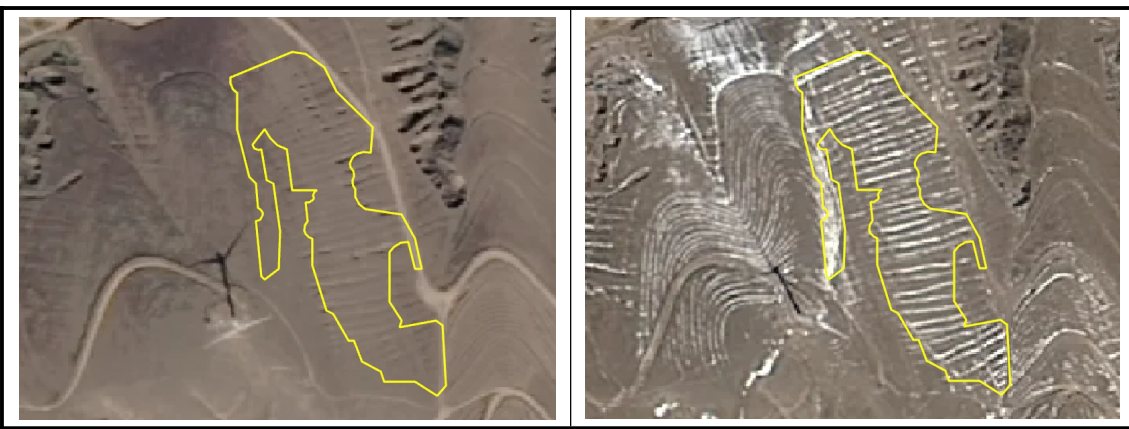
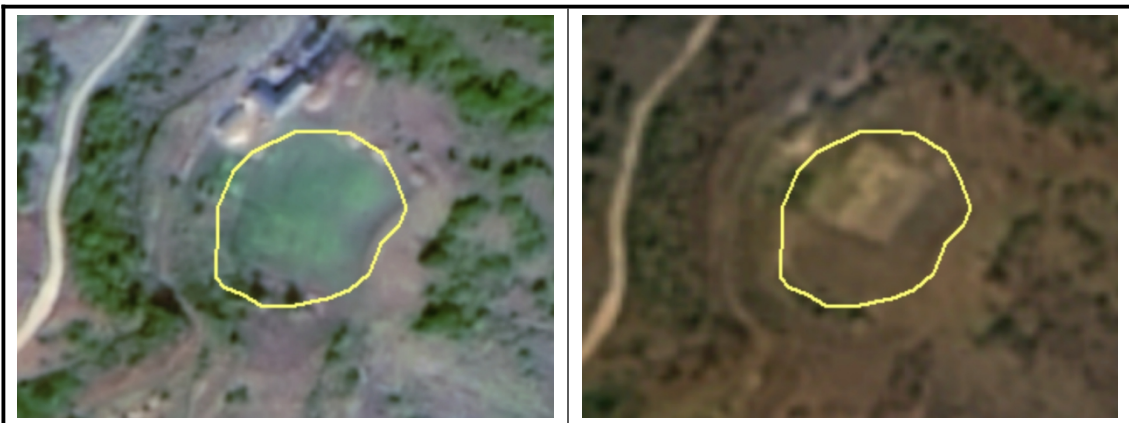


表 16 季相变化引起的影像变化



5.9 疑似生态破坏问题图斑提取

基于疑似人为活动变化图斑，经过人为活动类型判定、图斑面积大小筛选、图斑变化类型判定和图斑区域背景分析，提取得到疑似生态破坏问题图斑。

5.9.1 人为活动类型判定

(1) 人为活动类型判定的总体思路

生态保护红线人类活动遥感分类体系是以多源卫星遥感影像为主要数据资料，辅以实地

核查数据，从服务生态环境保护管理工作角度出发，参照土地利用调查、地理国情调查等分类体系标准原则，按照一定的层次等级，划分若干不同人类活动类型的分类体系。土地利用调查中的人类活动分类体系较细，但与生态保护红线监管所关注的人类活动类型有较大差异。本标准参照《生态保护红线监管技术规范-基础调查（试行）》和《自然保护地人类活动监测技术规范》，坚持底线思维，与生态保护红线内保留和逐步退出的人类活动类型相衔接，强调监管的问题导向，针对已有规范人类活动分类体系，补充和调整部分类型，即体现系列分类体系的一致性，也在原有标准的基础上进一步调整、补充完善，满足生态保护红线监管的需求。

（2）已有标准中的人类活动分类体系及其与本标准的关系

生态保护红线人类活动遥感监测人为活动分类体系共有一级类 9 类，继承了基础调查技术规范中一级分类的 9 类（部分一级类的名称因与生态保护红线平台系统的一级类判读一致，稍作修改），删除了线性工程和排污口 2 类（将基础调查中的线性工程中一级类内容分别放到交通开发建设和能源开发建设中，将一级类排污口删除），增加了海洋开发建设。生态保护红线人类活动遥感解译分类体系中一级类 9 类，其中矿产资源开发、工业开发、能源开发、旅游开发、交通开发、养殖开发和农业开发 7 大类与《自然保护地人类活动监测技术规范》基本一致，将《自然保护地人类活动监测技术规范》中的居民点和其他设施分成两类（居民点和其他开发活动），增加了海洋开发建设。主要参考人类活动分类表如下：

表 17 《生态保护红线监管技术规范-基础调查（试行）》人类活动分类表

| 一类指标 | 二类指标 | 定义 |
|------|-------|-------------------------------------|
| 农林业 | 水田 | 直接或间接为农、林业生产所利用的土地 |
| | 旱地 | |
| | 商品林 | |
| 居民点 | 城镇 | 因生产和生活需要而形成的集聚定居地点 |
| | 农村居民点 | |
| 工业用地 | 工厂 | 独立设置的工厂、车间、建筑安装的生产场地、工业区等 |
| | 工业园区 | |
| 矿业用地 | 油罐 | 矿产资源开发利用的基础上形和发展起来的矿业区、开采建筑石（砂）料的场所 |
| | 油井 | |
| | 矿山 | |
| | 采石场 | |
| | 采矿场 | |
| 能源设施 | 风力发点场 | 利用各种能源产生、传输电能的设施 |
| | 水电站 | |
| | 水库 | |
| | 水坝 | |
| | 变电站 | |
| | 太阳能电站 | |
| 旅游设施 | 旅游用地 | 用于开展商业、旅游、娱乐活动所 |
| | 高尔夫球场 | |
| | 度假村 | |
| | 寺庙 | |
| 交通设施 | 港口 | 从事运送货物和旅客的工具及设施 |
| | 机场 | |

| 一类指标 | 二类指标 | 定义 |
|--------|--------|---|
| | 码头 | |
| 养殖场 | 海水养殖场 | 在滩涂、浅海、沿江及内陆养殖经济动植物的区域 |
| | 淡水养殖场 | |
| | 畜禽养殖场 | |
| 线性工程 | 铁路 | 高等级公路、铁路、引水/输水渠等线性工程基础设施 |
| | 高等级公路 | |
| | 引水/输水渠 | |
| 排污口 | 排污口 | 经行政主管部门许可（备案）设置的、或未经行政主管部门许可（备案）的，通过沟、渠、管道等设施向环境水体排放污水的入河（海）排污口 |
| 其他人工设施 | 其他人工设施 | 无法准确划分到以上 10 种人类活动类别中的设施 |

表 18 自然保护地人类活动监测技术规范分类体系

| 一级人类活动 | | | 二级人类活动 | | 定义 |
|--------|--------|----|--------|----------|---|
| 编码 | 类型 | 代码 | 编码 | 类型 | |
| 01 | 矿产资源开发 | MD | | | 采矿、采石、采砂（沙、土）等生产活动及其占用的地面场地，以及尾矿堆放场地 |
| | | | 0101 | 采矿场 | 开采各种地壳内和地表矿产资源（除砂石等建筑用料）的区域及尾矿堆放地，如煤炭、金矿、铁矿、石油等 |
| | | | 0102 | 采石场 | 开采建筑石料的场地，如大理石、花岗石等。 |
| | | | 103 | 采砂（沙、土）场 | 开采建筑或工业用砂（沙、土）料的场地 |
| 02 | 工业开发 | ID | | | 独立设置的工厂、工业园区等工业利用场地 |
| | | | 0201 | 工厂 | 用于生产、仓储、办公等综合区域场地 |
| | | | 0202 | 工业园 | 划定一定范围专供工业设施使用的场地 |
| | | | 0203 | 盐田 | 用于生产盐的土地，包括晒盐场所、盐池及附属设施用地 |
| 03 | 能源开发 | ED | | | 用于能源生产、传输的各项设施及场地 |
| | | | 0301 | 水电设施 | 用于水力发电的厂房及配套设施及场地 |
| | | | 0302 | 风电设施 | 用于风力发电的风力发电机及配套设施及场地 |
| | | | 0303 | 光伏设施 | 利用太阳能转化电能的光伏发电设施及场地 |
| | | | 0304 | 核电设施 | 利用核能生产电能的电站设施及场地 |
| | | | 0305 | 输变电设施 | 输变电站、高压电塔等设施及场地 |
| | | | 0306 | 火电设施 | 利用可燃物作为燃料生产电能的设施及场地 |

| 一级人类活动 | | | 二级人类活动 | | 定义 |
|--------|----------|----|--------|--------|--|
| 编码 | 类型 | 代码 | 编码 | 类型 | |
| | | | 0307 | 油气输送设施 | 用于输送石油、液化天然气等油气资源的管线设施 |
| 04 | 旅游开发 | TE | | | 为旅游活动提供服务时依托的各项设施及场地 |
| | | | 0401 | 游览设施 | 为游客参观游览建设的设施及场地，如栈道、廊桥、观景台、玻璃吊桥、漂流滑道等 |
| | | | 0402 | 旅游辅助设施 | 为旅游提供商业、住宿、餐饮、停车等服务的设施及场地 |
| 05 | 交通开发 | TD | | | 为运输货物和旅客提供行动线路或场所的基础设施及用地 |
| | | | 0501 | 机场 | 搭乘空中交通及供飞机起降的设施及场 |
| | | | 0502 | 港口/码头 | 用于人工修建的客运、货运、捕捞及工程、工作船舶停靠及其附属建筑物的场地 |
| | | | 0503 | 交通服务场站 | 城镇、村庄范围内交通服务设施用地，包括公交枢纽及其附属设施用地、公路客运站、货运集散站、公共交通场站等用地，不包括港口/码头 |
| | | | 0504 | 铁路 | 供火车行驶、运输的轨道线路 |
| | | | 0505 | 硬化道路 | 掺有沥青铺装材料或以沙石等硬化的矿质路面 |
| | | | 0506 | 其他道路 | 铁路和硬化道路以外的道路、栈道和桥梁 |
| 06 | 养殖开发 | CD | | | 在滩涂、浅海、沿江河及内陆，养殖经济动植物的场地 |
| | | | 0601 | 海水养殖场 | 利用沿海的浅海滩涂养殖海洋水产经济动植物的场地 |
| | | | 0602 | 淡水养殖场 | 利用池塘、水库、湖泊、江河以及其他内陆水域，养殖淡水水产经济动植物的场地 |
| | | | 0603 | 畜禽养殖场 | 养殖牲畜、家禽的场地 |
| 07 | 农业开发 | AD | | | 直接或间接为农业生产所利用的土地经常蓄水，用于种植水稻、莲藕等水生农作物的土地 |
| | | | 0701 | 水田 | |
| | | | 0702 | 旱地 | 主要靠天然降水或有灌溉设施浇灌种植旱生农作物的土地 |
| | | | 0703 | 园地 | 用于种植经济林或其他经济作物的土地（包含大棚），如种植人工商品林、水果、茶叶、蔬菜、药材等 |
| 08 | 居民点与其他活动 | RO | | | 用于生活居住及其他基础设施建设的场地 |
| | | | 0801 | 城镇居民点 | 城镇用于生活居住的各类房屋用地及其附属设施用地，包括配套的商业服务设施和公共管理设施用地 |
| | | | 0802 | 农村居民点 | 农村用于生活居住的宅基地及其附属 |

| 一级人类活动 | | | 二级人类活动 | | 定义 |
|--------|----|----|--------|--------|--|
| 编码 | 类型 | 代码 | 编码 | 类型 | |
| | | | | | 设施用地，包括配套的商业和公共服务设施用地 |
| | | | 0803 | 其他人工设施 | 无法划分到以上类别的管护、教育科研、民生基础等设施或由于判读经验限制无法准确识别的人类活动及配套设施 |

(3) 生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测人为活动分类体系

生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测人为活动类型的判定，充分考虑了与《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》的衔接，包括矿产资源开发、工业开发建设、能源开发建设、旅游开发建设、交通开发建设、海洋开发建设、居民点、养殖场和其他开发建设活动等 9 个一级类型、36 个二级类型，详见表 19。

表 19 生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测人为活动分类、编码及定义

| 一级类 | 二级类 | 编码 | 定义 |
|--------|----------|---|---|
| 居民点 | 01 | | 因生产和生活需要而用于集聚定居的场地 |
| | 城镇 | 0101 | 指城镇用于生活居住的各类房屋用地及其附属设施用地，不含配套的商业服务设施等用地 |
| | 农村居民点 | 0102 | 指农村用于生活居住的宅基地 |
| 工业开发建设 | 02 | | 独立设置的工厂、工业园区等工业利用场地 |
| | 工厂 | 0201 | 用于生产、仓储、办公等综合区域场地 |
| | 工业园 | 0202 | 划定一定范围专供工业设施使用的场地 |
| | 盐田 | 0203 | 用于生产盐的土地，包括晒盐场所、盐池及附属设施场地 |
| 矿产资源开发 | 03 | | 采矿、采石、采砂（沙、土）等生产活动及其占用的地面场地，以及尾矿堆放场地 |
| | 矿产开采 | 0301 | 开采各种地壳内和地表矿产资源、建筑石料或资源勘探的区域 |
| | 采砂（沙/土）场 | 0302 | 开采建筑或工业用砂（沙/土）料的场所 |
| | 尾矿堆放地 | 0303 | 堆放尾矿的场地 |
| 能源开发建设 | 04 | | 用于能源生产、传输的各项设施及场地 |
| | 水电设施 | 0401 | 用于水力发电的厂房及配套设施及场地 |
| | 风电设施 | 0402 | 用于风力发电的风力发电机等配套设施及场地 |
| | 光伏设施 | 0403 | 利用太阳能转化电能的光伏发电设施及场地 |
| | 火电设施 | 0404 | 利用可燃物作为燃料生产电能的设施及场地 |
| | 核电设施 | 0405 | 利用核能生产电能的电站设施及场地 |
| | 输变电设施 | 0406 | 输变电站、高压电塔等设施及场地 |
| 油气设施 | 0407 | 用于输送石油、液化天然气等油气资源的管线设施及油井、油罐等油气能源生产和储存设施及场地 | |

| 一级类 | 二级类 | 编码 | 定义 |
|--------|----------|------|--|
| 交通开发建设 | 05 | | 为运输货物和旅客提供行动线路或场所的基础设施及用地 |
| | 港口/码头 | 0501 | 用于人工修建的客运、货运、捕捞及工程、工作船舶停靠及其附属建筑物的场地 |
| | 机场 | 0502 | 搭乘空中交通及供飞机起降的设施及场地 |
| | 铁路 | 0503 | 供火车行驶、运输的轨道线路 |
| | 等级公路 | 0504 | 指高速公路、国道、省道、县道和乡道。包括征地范围内的路堤、路堑、道沟、桥梁、汽车停靠站、林木及直接为其服务的附属场地 |
| | 其他道路 | 0505 | 指城镇、村庄范围内公用道路及行道树用地,包括快速路、主干路、次干路、支路、专用人行道和非机动车道、森林防火通道等其他道路 |
| | 交通服务场站 | 0506 | 城镇、村庄范围内交通服务设施用地,包括交通枢纽及其附属设施用地、公路客运站、货运集散站、公共交通场站等用地 |
| 旅游开发建设 | 06 | | 用于开展商业、旅游、娱乐活动所占用的场所 |
| | 风景名胜设施用地 | 0601 | 指风景名胜景点(包括名胜古迹、旅游景点、革命遗址、自然保护区、森林公园、地质公园、湿地公园等)的管理机构,以及旅游服务设施的建筑用地 |
| | 高尔夫球场 | 0602 | 高尔夫球运动时所需场地 |
| | 度假村 | 0603 | 为旅游者较长时间的驻留而设计的住宅群,包括娱乐设施和住宿设施等 |
| | 宗教设施 | 0604 | 指专门用于宗教活动的庙宇、寺院、道观、教堂等宗教场所 |
| 养殖 | 07 | | 在沿江及内陆养殖经济动植物的区域 |
| | 淡水养殖场 | 0701 | 利用池塘、水库、湖泊、江河以及其他内陆水域,养殖淡水水产经济动植物的场地 |
| | 海水养殖场 | 0702 | 利用沿海的浅海滩涂养殖海洋水产经济动植物的场地 |
| | 畜禽养殖场 | 0703 | 养殖牲畜、家禽的场地 |
| 海洋开发建设 | 08 | | 人类对海洋资源利用、勘探和开采等活动 |
| | 围填海造地 | 0801 | 指人为改变海洋属性行为,包括围海和填海 |
| | 岸线开发 | 0802 | 将自然岸线进行人工利用开发,改变属性,建成人工岸线的行为 |
| | 钻井平台 | 0803 | 指用于钻探井的海上结构物 |
| 其他开发活动 | 09 | | 无法划分到以上8种类别中的人为活动行为 |
| | 别墅 | 0901 | 在郊区或风景区建造的供休养用的园林住宅 |
| | 大棚 | 0902 | 非工业化生产的农业种植厂棚 |
| | 水渠 | 0903 | 用于引、排、灌的渠道,包括渠槽、渠堤等 |
| | 人工湖库 | 0904 | 指人工拦截汇集或挖掘形成的水库或坑塘 |
| | 其他 | 0905 | 大规模毁林、毁草、毁湿等破坏生态的行为 |

5.9.2 图斑面积大小筛选

现行的各行业相关标准规范中，自然资源、林业等部门对各种类型的遥感图斑提取大小有明确的要求。按照《第三次全国国土调查技术规程》，建设用地和设施农用地实地面积 0.02 公顷，农用地（不含设施农用地）实地面积 0.04 公顷，其他地类实地面积 0.06 公顷，荒漠地区可适当降低精度，但不应低于 0.15 公顷。按照《土地利用动态遥感监测规程》，当影像分辨率优于 1 米时，建设用地的最小监测图斑面积为 0.01 公顷，耕地/园地为 0.015 公顷，其他地类为 0.0375 公顷。

该标准在规定最小提取图斑面积时充分参考了上述相关标准有关内容，同时结合生态保护红线生态破坏问题监管试点的工作基础，并考虑了基于高分辨率遥感影像的各种类型的疑似生态破坏问题图斑的解译和识别难度。基于遥感影像识别变化图斑时，不同类型的疑似生态破坏问题图斑最小提取图斑面积不同，规定如下：

（1）矿产资源开发、工业开发建设、能源开发建设、海洋开发建设类型的生态破坏变化图斑，最小提取图斑面积为 0.01 公顷；

生态保护红线内严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，对矿产资源开发等生态影响较大的开发建设活动类型，主要参照了《土地利用动态监测规程》中关于建设用地的最小监测图斑面积要求。

（2）旅游开发建设、居民点、养殖场和其他开发建设类型的生态破坏变化图斑，最小提取图斑面积可放宽至 0.04 公顷；

按照《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，生态保护红线内允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动，相对于矿产资源开发等类型，小规模旅游开发建设、居民点和养殖场等人为活动对生态功能影响较小，因此最小提取面积放宽至 0.04 公顷。

（3）交通开发建设、水渠、输送线路（管道）等线性类型的生态破坏变化图斑，提取图斑的最小提取宽度为 4 米；

宽度小于 4 米的道路、水渠等人工设施在常用高分遥感影像上提取的难度较大，因此交通开发建设、水渠等线性类型的生态破坏变化图斑最小提取宽度为 4 米。

（4）风电基座、高压电塔、钻井平台等重要点状人工设施，无最小提取图斑面积规定，按照目标地物的实际范围全部提取。

风电基座、高压电塔、钻井平台等点状地物分布数量较多但单个面积较小，同时对生态保护红线生态功能有一定影响，因此无最小提取面积规定。

5.8.3 图斑变化类型判定

疑似生态破坏问题图斑变化类型主要包括新增、扩大和减少图斑。疑似生态破坏问题图斑判定中，重点关注新增、扩大以及未按照整改要求执行或整改不彻底的部分恢复图斑。按照《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》，疑似生态变化图斑变化类型见表 20。

表 20 自然保护地人类活动变化分类及定义

| 变化类型 | 变化情况 | 定义 |
|------|------|----|
|------|------|----|

| 变化类型 | 变化情况 | 定义 |
|------|------|---|
| 新增 | 新增 | 历史影像为完整原始自然地表，现势影像出现明显的改变原始地形地貌的疑似人为开发建设特征。 |
| 扩大 | 面积扩大 | 历史影像上已存在疑似人为开发建设，现势影像出现疑似人为开发建设活动面积扩大或强度增强活动区域。 |
| | 强度增强 | |
| 减少 | 面积减少 | 历史影像上已存在疑似人为开发建设，现势影像上开发建设面积减小、强度减弱、植被复绿或采取生态修复措施等。 |
| | 强度较弱 | |

5.9.4 图斑区域背景分析

对人为活动变化图斑所处空间位置进行分析，如存在位于河湖岸边带、珍稀濒危物种栖息地等生态功能极重要、生态环境极敏感区域，或不符合区域生态管控要求以及明显破坏原生自然生态系统的人为活动变化图斑，需在生态保护红线疑似生态破坏问题图斑清单中说明。

5.10 质量控制

采用“软件自动检查+人工审核抽查”方式，参考《生态保护红线监管技术规范 数据质量控制（试行）》（HJ 1145）和《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》（HJ 1156），对疑似生态破坏问题图斑矢量数据的空间和属性信息进行正确性、完整性质检，确保成果数据质量。

5.10.1 软件自动检查

依据《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》（HJ 1156）相关要求对图斑拓扑错误、图斑属性缺失进行检查，依据《生态保护红线监管技术规范 数据质量控制（试行）》（HJ 1145）检查成果文件完整正确性。

5.10.2 人工审核抽查

在软件自动检查的基础上，通过人工核对抽查的方式进一步保证提取的疑似生态破坏问题图斑的精度，主要内容包括图斑边界勾划精度检查、图斑漏提检查、图斑属性填写错误检查和交叉互检率等。

- （1）图斑边界勾划精度检查：图层要素几何位置与影像变化区域套合不超出 2 个像元。
- （2）图斑漏提检查：疑似生态破坏问题图斑应提尽提，漏提率不高于 10%。
- （3）图斑属性填写错误检查：矢量数据属性填写符合字段要求，类型判读填写正确。
- （4）交叉互检率 100%且互检时图斑抽检审核比例不低于疑似生态破坏问题图斑总量的 20%。

5.11 成果要求

生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测的成果主要包括疑似生态破坏问题图斑矢量数据成果、生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感报告成果。

5.11.1 疑似生态破坏问题图斑矢量数据成果

疑似生态破坏问题图斑矢量数据为面状 shapefile (.shp) 矢量格式，其属性字段包含图斑编号、图斑类型、面积、变化类型、前后期影像信息等。

5.11.2 生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感监测报告成果

包括概述（背景和工作概况等）、主要结论（监测结果及分析）、对策建议、附件清单等内容。遥感监测报告主要内容如下：

一、概述

简要说明任务来源、工作背景和工作概况。

二、主要结论

主要监测结果和分析。

三、对策建议

针对监测发现的图斑提出对策建议。

清单表格样例如表 21：

表 21 生态保护红线疑似生态破坏问题图斑清单

| 编号 | 所在区域 | 人为活动类型 | 经度 | 纬度 | 面积 (hm ²) | 问题描述 | 历史影像 | 现势影像 |
|------------------------|------|--------|----------|----------|-----------------------|----------------|---|---|
| 202210-110108-0101-001 | 省市区 | 图斑一级类型 | 保留 6 位小数 | 保留 6 位小数 | 保留 4 位小数 | 描述图斑位置、破坏情况等信息 | 影像截图 (含变化图斑边界) 影像时间 (YYYYMMDD) | 影像截图 (含变化图斑边界) 影像时间 (YYYYMMDD) |

5.12 附录

附录 A、C、D 为规范性附录，规定了生态保护红线疑似生态破坏问题图斑人为活动分类体系、变化图斑矢量数据属性表和遥感监测报告及清单模板。附录 B 为资料性附录，给出了生态保护红线疑似生态破坏问题图斑人为活动类型解译标志库示例。

6 标准实施建议

本标准是生态环境部门关于生态保护红线监管的一个行业标准，旨在指导规范生态保护红线生态破坏问题遥感监测工作。《生态保护红线监管技术规范 疑似生态破坏问题图斑遥感监测（试行）》经过多次研讨、咨询、评审论证的不断修改和完善后，具有很强的可操作性和实用性，已具备广泛征求意见的条件，建议尽快征求意见并发布实施，为相关业务人员开展生态保护红线疑似生态破坏问题图斑遥感识别提供技术指导。

基于遥感的人为活动监测已成为生态环境监管工作中最高效和最有力的手段。然而，现阶段还是以人工目视解译方法为主，不同领域的相关标准规范也都是针对人工目视解译方法

阐述技术流程；同时，由于生态保护红线遥感监测在国内外均是一个新兴事物，更是缺少相关的技术标准规范。本标准立足于生态保护红线空间范围，针对生态破坏问题图斑的遥感监测工作，阐述了基于深度学习的人工智能变化检测方法和人工目视解译方法相结合的工作流程和技术要求，可为生态破坏监管业务人员提供技术参考。生态保护红线生态破坏问题图斑遥感监测能够对生态保护红线区域内的各种人为活动，特别是影响主体生态系统服务功能的开发建设活动进行监控，第一时间发现，第一时间处理，减少对生态保护红线内各类自然生态系统的干扰和破坏，促进自然生态系统的休养生息和自我调节。项目将形成生态保护红线全面监管的业务化工作能力，将为各地生态保护红线监管业务流程提供全面的技术指导，为生态保护红线提供全覆盖、全方位和高效监管的技术服务。项目的实施将大大增强地方环境卫星监测与航空遥感能力，提升“天-空-地”一体化的生态环境监管水平，推动生态环境保护和生态文明建设。

7 参考文献

- [1] N. Quarmby and J. Cushnie, "Monitoring urban land cover changes at the urban fringe from SPOT HRV imagery in south-east England," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 10, no. 6, pp. 953-963, 1989.
- [2] P. R. Coppin and M. E. Bauer, "Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery," *Remote sensing reviews*, vol. 13, no. 3-4, pp. 207-234, 1996.
- [3] L. Ke, Y. Lin, Z. Zeng, L. Zhang, and L. Meng, "Adaptive change detection with significance test," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 27442-27450, 2018.
- [4] P. J. Howarth and G. M. Wickware, "Procedures for change detection using Landsat digital data," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 2, no. 3, pp. 277-291, 1981.
- [5] Y. Bayarjargal, A. Karnieli, M. Bayasgalan, S. Khudulmur, C. Gandush, and C. Tucker, "A comparative study of NOAA - AVHRR derived drought indices using change vector analysis," *Remote Sensing of Environment*, vol. 105, no. 1, pp. 9-22, 2006.
- [6] S. Liu, L. Bruzzone, F. Bovolo, M. Zanetti, and P. Du, "Sequential spectral change vector analysis for iteratively discovering and detecting multiple changes in hyperspectral images," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 53, no. 8, pp. 4363-4378, 2015.
- [7] J. Deng, K. Wang, Y. Deng, and G. Qi, "PCA - based land - use change detection and analysis using multitemporal and multisensor satellite data," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 29, no. 16, pp. 4823-4838, 2008.
- [8] J. Richards, "Thematic mapping from multitemporal image data using the principal

- components transformation," *Remote Sensing of Environment*, vol. 16, no. 1, pp. 35-46, 1984.
- [9] V. Sadeghi, F. F. Ahmadi, and H. Ebadi, "Design and implementation of an expert system for updating thematic maps using satellite imagery (case study: changes of Lake Urmia)," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 9, no. 4, p. 257, 2016.
- [10] J. Rogan, J. Franklin, and D. A. Roberts, "A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper imagery," *Remote sensing of environment*, vol. 80, no. 1, pp. 143-156, 2002.
- [11] S. Jin and S. A. Sader, "Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances," *Remote sensing of Environment*, vol. 94, no. 3, pp. 364-372, 2005.
- [12] A. K. Thakkar, V. R. Desai, A. Patel, and M. B. Potdar, "An effective hybrid classification approach using tasseled cap transformation (TCT) for improving classification of land use/land cover (LU/LC) in semi-arid region: a case study of Morva-Hadaf watershed, Gujarat, India," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 9, no. 3, p. 180, 2016.
- [13] C. Massarelli, "Fast detection of significantly transformed areas due to illegal waste burial with a procedure applicable to Landsat images," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 39, no. 3, pp. 754-769, 2018.
- [14] R. Vázquez-Jiménez, R. Romero-Calcerrada, C. J. Novillo, R. N. Ramos-Bernal, and P. Arroigante-Funes, "Applying the chi-square transformation and automatic secant thresholding to Landsat imagery as unsupervised change detection methods," *Journal of Applied Remote Sensing*, vol. 11, no. 1, p. 016016, 2017.
- [15] S. Zagoruyko and N. Komodakis, "Learning to compare image patches via convolutional neural networks," in *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2015, pp. 4353-4361.
- [16] Y. Gao, F. Gao, J. Dong, and S. Wang, "Change Detection From Synthetic Aperture Radar Images Based on Channel Weighting-Based Deep Cascade Network," *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 12, no. 11, pp. 4517-4529, 2019.
- [17] J. Geng, H. Wang, J. Fan, and X. Ma, "Change detection of SAR images based on supervised

- contractive autoencoders and fuzzy clustering," in 2017 International workshop on remote sensing with intelligent processing (RSIP), 2017: IEEE, pp. 1-3.
- [18] A. K. Thakkar, V. R. Desai, A. Patel, and M. B. Potdar, "An effective hybrid classification approach using tasseled cap transformation (TCT) for improving classification of land use/land cover (LU/LC) in semi-arid region: a case study of Morva-Hadaf watershed, Gujarat, India," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 9, no. 3, p. 180, 2016.
- [19] W. Wiratama and D. Sim, "Fusion network for change detection of high-resolution panchromatic imagery," *Applied Sciences*, vol. 9, no. 7, p. 1441, 2019.
- [20] Y. Gao, F. Gao, J. Dong, and S. Wang, "Change Detection From Synthetic Aperture Radar Images Based on Channel Weighting-Based Deep Cascade Network," *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 12, no. 11, pp. 4517-4529, 2019.
- [21] J. Geng, H. Wang, J. Fan, and X. Ma, "Change detection of SAR images based on supervised contractive autoencoders and fuzzy clustering," in 2017 International workshop on remote sensing with intelligent processing (RSIP), 2017: IEEE, pp. 1-3.
- [22] Zhou Z , Siddiquee M M R , Tajbakhsh N , et al. UNet++: A Nested U-Net Architecture for Medical Image Segmentation[J]. 2018.
- [23] P. Zhang, M. Gong, L. Su, J. Liu, and Z. Li, "Change detection based on deep feature representation and mapping transformation for multi-spatial-resolution remote sensing images," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 116, pp. 24-41, 2016.
- [24] T. Zhan, M. Gong, J. Liu, and P. Zhang, "Iterative feature mapping network for detecting multiple changes in multi-source remote sensing images," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 146, pp. 38-51, 2018.
- [25] H. Jiang, X. Hu, K. Li, J. Zhang, J. Gong, and M. Zhang, "PGA-SiamNet: Pyramid Feature-Based Attention-Guided Siamese Network for Remote Sensing Orthoimagery Building Change Detection," *Remote Sensing*, vol. 12, no. 3, p. 484, 2020.
- [26] M. Zhang, G. Xu, K. Chen, M. Yan, and X. Sun, "Triplet-based semantic relation learning for aerial remote sensing image change detection," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 16, no. 2, pp. 266-270, 2018.
- [27] C. Wu, H. Chen, B. Do, and L. Zhang, "Unsupervised Change Detection in Multi-temporal

VHR Images Based on Deep Kernel PCA Convolutional Mapping Network," arXiv preprint arXiv:1912.08628, 2019.

- [28] L. Su, M. Gong, P. Zhang, M. Zhang, J. Liu, and H. Yang, "Deep learning and mapping based ternary change detection for information unbalanced images," *Pattern Recognition*, vol. 66, pp. 213-228, 2017.