

附件 3

# 《生态遥感地面观测与验证技术导则

（征求意见稿）》

## 编制说明

《生态遥感地面观测与验证技术导则》编制组

2021 年 11 月

# 目 录

1	项目背景.....	1
1.1	任务来源.....	1
1.2	工作过程.....	1
2	标准制订的必要性分析.....	2
2.1	适应新形势下遥感地面观测及验证技术的要求.....	2
2.2	国家及环保主管部门管理的相关要求.....	2
2.3	国家现有相关标准的问题.....	3
3	国内外相关研究情况.....	4
3.1	国外主要相关研究.....	4
3.2	国内主要相关研究.....	4
4	标准制订的基本原则和技术路线.....	5
4.1	标准制订的基本原则.....	5
4.2	标准制订的技术路线.....	6
5	标准主要内容.....	7
5.1	标准适用范围.....	7
5.2	引用文件.....	7
5.3	标准结构框架.....	8
5.4	术语和定义.....	9
5.5	标准主要技术内容.....	10
6	标准实施建议.....	13
7	参考文献.....	14

# 《生态遥感地面观测与验证技术导则》编制说明

## 1 项目背景

### 1.1 任务来源

根据《关于开展 2020 年度国家生态环境标准项目实施工作的通知》（环办法规函〔2020〕320 号），按照《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环法规〔2020〕4 号）的有关要求，完成《生态遥感地面观测与验证技术导则》制修订任务及相关技术性工作。项目统一编号：2020-32。本标准由生态环境部卫星环境应用中心承担，中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院空间信息创新研究院、山西省生态环境监测和应急保障中心（山西省生态环境科学研究院）、四川省生态环境科学研究院、江苏省环境监测中心等作为协作单位，共同开展标准编制。

### 1.2 工作过程

按照《国家生态环境标准制修订工作规则》的有关要求，项目承担单位接到研究任务后，与相关单位成立了标准编制组。

2020.1-2020.4，开展需求调研，明确技术导则所涉及的编制目标、观测指标、观测方法、验证方法等。

2020.4-2020.7，对国内外生态遥感地面观测验证工作以及我国现有相关的技术标准与规范进行调研。

2020.8-2020.9，根据调研情况，形成初步的标准编写思路，并召开专家咨询会，向相关专家咨询标准编制工作的总体思路；完善并签订项目任务书。

2020.10-2020.12，结合专家意见以及调研情况，讨论并形成项目开题论证报告以及标准草案。

2021.1-2021.3，提交《生态遥感地面观测与验证技术导则》草案和开题论证报告至标准所，按要求多次修改。

2021.4，由标准所将草案和开题论证报告提交至监测司，并根据监测司反馈意见进行修改；向监测司提交开题申请函。

2021.5，开展开题论证会前期准备工作；5 月 21 日，标准所通过视频会议的方式组织召开开题专家论证会；根据专家意见，对标准草案进行修改。

2021.6，形成《生态遥感地面观测与验证技术导则（征求意见稿）》和编制说明初稿，并邀请专家指导修改。

2021.7，根据相关意见，讨论修改形成征求意见稿和编制说明。

2021.9，由标准所将征求意见稿和编制说明提交至监测司，并根据监测司反馈意见进行修改；向监测司提交征求意见稿审查申请函。

2021.10，标准所通过视频会议的方式组织召开征求意见稿审查会；根据专家意见，对征求意见稿和编制说明进行修改。

## 2 标准制订的必要性分析

### 2.1 适应新形势下遥感地面观测及验证技术的要求

遥感数据的真实性检验研究在国际上已经得到密切关注和重视，地球观测卫星国际委员会（Committee on Earth Observing Satellites, CEOS）的真实性检验工作组（Working Group on Calibration and Validation, WGCV）早在 1984 年在全球范围开展了遥感卫星数据定标和真实性检验工作。但是，对于遥感定量产品的真实性检验工作仍面临较多问题，如区域广泛、耗时耗力、不确定性高等。

目前国内外对于生态环境的研究、监测、评估等的需求日益迫切。随着生态环境问题的复杂、研究方法的优化、精度提高的要求等，遥感技术早已成为主要研究手段。简单的遥感数据已不能满足生态环境科学研究及业务应用的方法、指标、精度等的要求，定量遥感产品已逐步成为主要依托和主要技术手段。然而这些定量遥感产品通常不是由遥感直接观测得到的，而是由不同精度的模型进行计算得到，因此不可避免地存在一定的误差和不确定性，而这种不确定性会为遥感产品在生态环境保护工作的应用带来不同程度的误差。因此，为适应日益复杂的生态问题，满足生态环境科研及业务应用的高要求，急需要利用地面观测的相对真值对这些遥感产品开展真实性检验，对生态地面观测及定量遥感产品验证技术提出统一要求。

### 2.2 国家及环保主管部门管理的相关要求

根据党的十九届三中全会审议通过的《中共中央关于深化党和国家机构改革的决定》、《深化党和国家机构改革方案》和第十三届全国人民代表大会第一次会议批准的《国务院机构改革方案》，生态环境部制定了《生态环境部职能配置、内设机构和人员编制规定》，明确了生态环境部有指导协调和监督生态保护修复工作，以及生态环境监测工作的职责。为落实国务院办公厅印发《生态环境监测网络建设方案》、《中共中央 国务院关于全面加强生态环境保护 坚决打好污染防治攻坚战的意见》等关于生态环境保护修复以及生态环境监测工作的要求，切实做好部门职责，生态环境部多次组织开展全国自然保护区遥感监测、全国生态状况遥感调查评估等工作。目前已形成监测监管、调查评估的定期业务内容，为国家及环保有关部门管理工作提供有效支撑，提出决策建议。

随着国家对于生态监管要求提高、管理部门业务日益增多，基于遥感技术的生态环保业务不只是大区域的遥感监测监管，还有全区域覆盖的现状调查及评估分析，从时间、空间、内容上都更为复杂。相关管理部门对于生态环境保护业务的管理要求日益提高，相应的技术难度及精确度的要求也有大幅度地提高。这要以遥感技术为基础的监管、评估手段更为标准和统一，而定量遥感产品，作为当下生态状况监测监管及调查评估的主要数据支撑，更需要进行标准化。

因此，本标准就生态定量遥感产品的验证过程做出基本要求，作为技术导则，能为定量遥感产品的精细化生产和进一步验证提供支撑，为生态环保相关部门提供更为精确的数据支撑和决策建议。

## 2.3 国家现有相关标准的问题

目前已有一些关于生态系统观测的标准，但少有已成体系的观测标准，更少有针对性遥感产品生产、验证技术的标准规范。如：

### (1) 《森林生态系统长期定位观测方法》(GB/T 33027-2016)

该标准规定了森林生态系统水文、土壤、气象、生物和其他方面的野外长期连续定位观测的方法和技术要求。对于生态观测来说，标准只着重于野外观测，没有涉及遥感观测技术与野外观测的关联，另外，标准对于森林以外的生态系统来说可参考性较低。

### (2) 《光合有效辐射测量 半球向辐射表法》(GB/T 33867-2017)

该标准规定了采用半球向光合有效辐射表测量光合有效辐射的观测站选址要求、测量系统、数据采集和处理、仪器安装与维护，适用于气象、环境、农业等领域开展光合有效辐射的测量。该标准对于野外观测站观测要求的规范制定有一定的参考意义，但是只针对单一指标。

### (3) 《草原资源与生态监测技术规程》(NY/T 1233-2006)

本标准规定了草原资源与生态观测的内容和方法，包括面积、GPP、草原退化、草原沙化、草原盐渍化、灾害、保护工程等的监测或评价，并结合了遥感技术，描述了遥感监测和遥感验证的方法，对于生态遥感监测和遥感产品验证技术有很好指导意义。该标准着重于草原生态系统，着重于监测，虽然规定详细，但是对于生态遥感地面观测网络思想初现的当下，该标准未能将观测、验证工作进行业务化和系统化。

### (4) 《物联网参考体系结构》(GB/T 33474-2016)，《林业物联网》(GB/T 33776-2017)

两个标准都涉及到物联网建设。GB/T 33474-2016 标准给出了物联网概念模型，并从系统、通信、信息三个不同的角度给出了物联网参考体系结构。标准适用于各应用领域物联网系统的设计，为物联网系统设计提供参考。GB/T 33776-2017 标准系统地规定了林业物联网的组网通用规范、接口规范、设备规范等内容，给林业物联网的建设提供了标准依据。

### (5) 《遥感产品真实性检验导则》(GB/T 36296-2018)，《陆地定量遥感产品真实性检验通用方法》(GB/T 39468-2020)

根据国家相关部门需求，中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院光电研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所以及中国资源卫星中心联合编写《遥感产品真实性检验导则》(GB/T 36296-2018)，于 2019 年 1 月 1 日正式实施。这是目前我国第一个针对遥感产品验证的国家标准，详细介绍了样本抽取、精度评价等真实性检验的主要环节，并充分考虑了遥感产品的尺度问题，极有可行性，填补了遥感产品验证标准的空白。2021 年 6 月 1 日，《陆地定量遥感产品真实性检验通用方法》(GB/T 39468-2020) 正式实施，该标准对陆地定量遥感产品的真实性检验方法进行了细化，强化了方法的可行性和通用性。但是对于生态遥感监测监管、调查评估等来说，遥感定量产品的验证是一个成体系的业务工作。上述标准着重于技术方法，并没有考虑产品验证的完整性和业务适用性。

因此，在业务化需求迫切的当下，亟须提出关于生态遥感地面观测和产品验证的技术规范或标准，以观测和验证为主要目标，从场站选址、样方布设、指标设定、数据传输、产品验证等多方面来进行规范，来指导日益业务化和系统化的遥感定量产品验证工作。

### 3 国内外相关研究情况

#### 3.1 国外主要相关研究

通过文献调研发现生态遥感地面观测与验证技术在国际上备受关注,一些国际组织都开展了多种计划,如 BigFoot 计划、VALERI 计划等,初步形成了全球真实性检验观测网络。基于各大遥感验证计划,逐步探索提出遥感产品真实性检验的相关技术规范,如 BELMANIP 计划。

##### (1) 国际地球观测卫星委员会 (CEOS)

1984 年成立的对地观测卫星委员会 (CEOS),是一个政府机构间组织、协调民用对地卫星观测,力求提出关键科学问题,避免各成员做出不必要重复工作的卫星计划。CEOS 成立之初就成立了定标和真实性检验小组,在全球范围开展相关工作和研究,在世界的典型地区建立了观测台站网络。

##### (2) BigFoot 计划

1999 年美国国家航空航天局推出 BigFoot 计划,任务在于为 MODLand 的土地覆盖、LAI、FPAR、NPP 等产品提供地表验证。重点在于应用遥感以及生态系统过程模型对通量塔 footprint 范围内的观测数据进行尺度扩展。其地表验证实验在 1 km<sup>2</sup> 通量塔范围内以及 25 km<sup>2</sup> 范围一同实施。计划中不同产品来源于不同的数据源,如土地覆盖和 LAI 数据基于 ETM+ 数据生成,而 NPP 基于生态系统过程模型生成。

##### (3) VALERI 计划

欧洲陆地遥感仪器验证方案 (VALERI, Validation of Land European Remote Sensing Instruments) 主要由法国国家空间研究中心和国家遥感研究所从 2000 年实施,重点通过制定方法,支持扩大实地测量的规模,生成生物物理变量的高空间分辨率底图,然后利用这些产品来验证中等分辨率的全球产品。VALERI 旨在提供从地面测量中估计的生物物理变量 (LAI、fAPAR、fCover) 的高空间分辨率地图,以验证从卫星观测中得出的产品。

##### (4) BELMANIP 计划

2000 年,CEOS 定标与验证工作组 (Working Group on Calibration and Validation, WGCV) 专门成立了陆地产品真实性检验工作小组 (Land Product Validation, LPV),协调包括上述两大真实性检验计划在内的国际陆地遥感产品真实性检验活动,制定真实性检验的标准指南与规范,促进相关数据和信息的共享和交换。2005 年,LPV 在前期真实性检验工作的基础上,提出了 BELMANIP (Benchmark Land Multisite Analysis and Intercomparison of Products) 计划,强调了除利用地面测量进行直接真实性检验外,还可开展多传感器数据产品间的交叉真实性检验。

#### 3.2 国内主要相关研究

根据遥感产品应用的需求,我国遥感界也开展了有关真实性检验的研究和试验工作。如 2001 年在北京顺义地区开展了一次针对 MODIS 数据反演的陆地表面参数算法的真实性检验试验,在 2008 年和 2012 年黑河综合遥感联合试验中开展了部分地表参数,如地表温度、反照率、植被指数和叶面积指数、雪水当量等遥感产品的真实性检验。不仅如此,我国已初

步形成遥感产品真实性检验的整体思路，包括验证网络的布设、验证方法的设计、传输网络的建设等。

在国家自然科学基金委“黑河流域生态—水文过程集成研究”重大研究计划下，中国科学院西北生态环境资源研究院黑河站负责地面观测试验，遥感与数字地球研究所怀来站负责航空遥感实验，在国内首次开展了专门针对遥感产品真实性检验的星-机-地综合遥感试验，实证了真实性检验标准，并提出了一套较完整的遥感产品的地面验证方案。发展了像元尺度“真值”获取的地面优化采样方案、基于传感器网络和足迹/斑块尺度的遥感像元真值获取新方法，以及尺度上推技术，建立了全国遥感产品真实性检验网原型体系。上述两站布设了可支持多种遥感产品真实性检验的遥感验证场，与中国科学院东北地理与农业生态研究所净月潭遥感站、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所呼伦贝尔草甸草原国家野外生态试验站开展了多站协同观测试验，初步形成全国真实性检验网的原型体系和运行机制。

依托中国科学院西北生态研究院负责的863计划“星机地综合定量遥感系统（一期）”项目中建立的真实性检验场站获取的无线传感器网络实时数据，以及在遥感产品真实性检验其他相关数据，在项目中研究的多尺度遥感产品真实性检验标准规范与技术体系基础上，由中国科学院遥感与数字地球研究所和西南大学研制了陆表定量遥感产品真实性检验系统（LAPVAS）。LAPVAS是利用真实性检验场、站、点、网获取同步数据，并对数据进行同步处理、尺度转换，利用真实性检验方法来检验定量遥感产品的精度，并对它们的不确定性进行分析，为陆表遥感产品的广泛应用提供定量化依据。系统基于定量遥感产品真实性检验方法，实现真实性检验数据的集成和多尺度数据的关联整合，基于不同遥感产品的尺度转化方法，尺度上推到多像元尺度的“真值”，进行真实性检验，实现流程化自动化的定量遥感产品真实性验证。

上述工作以科研项目 and 大型观测计划为依托，形成一定的规范标准的基础，涉及验证场布设、通用验证方法，以及植被指数、叶面积指数、植被覆盖度、土地覆盖/利用、物候期、光合有效辐射、净初级生产力等多项产品验证的具体验证标准，为我国遥感地面观测及验证的国家标准或行业标准的发布提供重要基础。

## 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

#### （1）适用性、可操作性原则

本标准的内容应具有普遍适用性，方法应具有可操作性，能为相关环保工作的实施提供技术参考。本标准涉及较多的仪器布设、指标观测、站点选址等实际内容，在应用中，需充分考虑适用性和可操作性，如仪器布设的可行性、指标观测的难度、生态环境对站点位置的要求等。

#### （2）科学性、先进性原则

本标准在编制过程中应积极借鉴和利用国内外相关研究成果，运用可靠的原理、成熟先进的技术和科学的方法，保证制定的标准具有科学性和先进性。本标准以系统化规范生态遥感地面观测与验证技术为主要目标，为观测与验证工作的业务化提供指导，目前没有相关标

准或规范出台，具有一定的先进性。同时，导则中涉及的规范要求，如选址、观测、传输、验证等内容，都充分考虑了生态系统特点、遥感产品内容、观测指标特点等因素，具有一定的科学性。

### (3) 技术实现的经济可行性原则

标准中采用的技术方法应经济可行，确保按照该标准开展观测与验证时，涉及到的数据来源容易获取、方法容易实现、成本较低、经济可行。本标准选取的指标，如叶面积指数、植被覆盖度等，都是生态系统监测与评估工作常见常用的指标，其观测方法较为成熟，所用设备也受到行业广泛认可，具有经济可行性。

## 4.2 标准制订的技术路线

生态遥感地面观测与验证技术导则研究的基本内容和 workflows 见图 1。

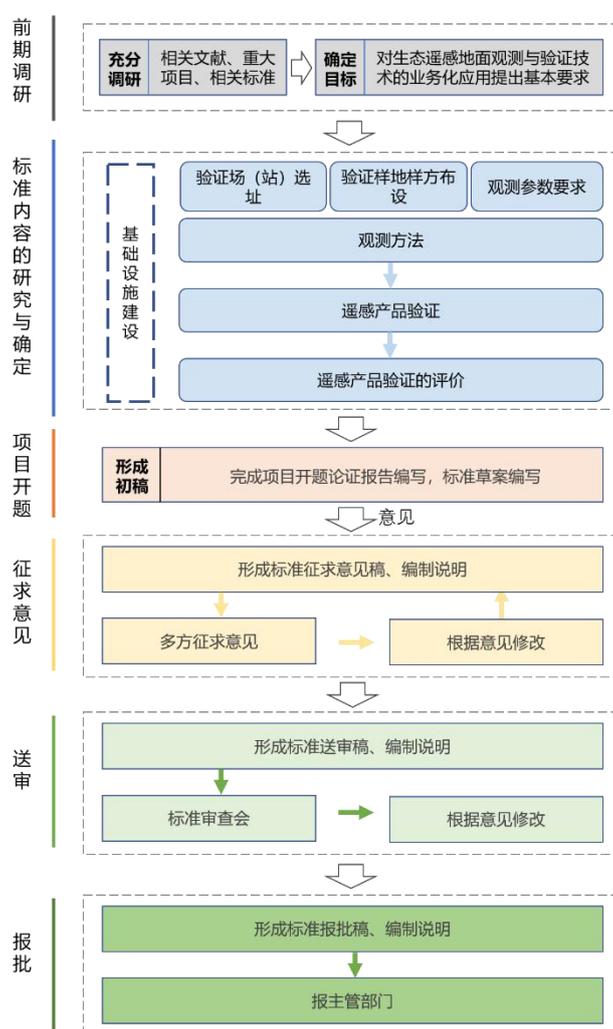


图 1 技术路线图

标准制订主要包括以下主要工作：

### 4.2.1 开展前期调研

(1) 通过对相关文献、重大项目、相关标准等内容的调研，明确标准制订的必要性；

(2) 确定研究目标，即对生态遥感验证技术的业务化应用提出基本要求。

#### 4.2.2 确定编制内容

(1) 根据调研结果和研究目标，总结生态遥感验证工作的主要内容，即基于生态系统关键参数的地面观测，通过反演、对比等，开展遥感产品的真实性检验；

(2) 归纳主要内容，形成生态遥感验证工作主要流程，即在相对稳定的区域内选取具有代表性的样地，对生态系统关键参数进行地面观测，将观测数据收集汇总并用于与遥感产品的对比分析；

(3) 按照观测与验证工作的主要流程，提取了7个关键内容予以要求，即验证场选址、验证样地样方布设、观测参数设定、参数观测方法、基础设施建设、遥感产品验证方法、遥感产品验证评价，以此形成本标准的主要技术内容。

#### 4.2.3 形成初稿并开题

(1) 依据标准的主要内容，形成标准草案，并完成项目开题论证报告初稿。

(2) 向监测司申请开题，并按照专家意见修改草案和开题报告，正式开题。

#### 4.2.4 征求意见

(1) 根据开题意见，并通过进一步专家咨询，修改形成标准征求意见稿以及编制说明。

(2) 向多方征求意见，对标准进行多轮修改，形成标准送审稿。

#### 4.2.5 标准送审

完成标准送审稿及编制说明，提交审查，根据审查会意见进行修改，形成报批稿。

#### 4.2.6 标准报批及发布

完善报批稿，报主管部门，修改完善后待发布。

## 5 标准主要内容

### 5.1 标准适用范围

本标准规定了陆地生态遥感地面观测与验证工作各环节的基本要求，包括地面验证场（站）选址、验证样地样方布设、观测参数、观测方法、基础设施建设、遥感产品验证及验证精度评价等。

本标准适用于指导基于生态遥感及地面观测技术的产品验证、遥感监测、调查评估等全国及区域相关工作。

### 5.2 引用文件

本标准内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB/T 36296 遥感产品真实性检验导则

GB/T 39468 陆地定量遥感产品真实性检验通用方法  
GB/T 40034 叶面积指数遥感产品真实性检验  
GB/T 40039 土壤水分遥感产品真实性检验  
HJ 1141 生态保护红线监管技术规范 生态状况监测（试行）  
HJ 1142 生态保护红线监管技术规范 生态功能评价（试行）  
HJ 1143 生态保护红线监管技术规范 保护成效评估（试行）  
HJ 1167 全国生态状况调查评估技术规范——森林生态系统野外观测  
HJ 1168 全国生态状况调查评估技术规范——草地生态系统野外观测  
HJ 1169 全国生态状况调查评估技术规范——湿地生态系统野外观测  
HJ 1172 全国生态状况调查评估技术规范——生态系统质量评估  
HJ 1173 全国生态状况调查评估技术规范——生态系统服务功能评估

上述 GB/T 40034、GB/T 40039、HJ-1167 等标准对本标准的参数观测有重要的参考意义，其中：

GB/T 40034 规定了叶面积指数遥感产品真实性检验的基本要求、检验方法等，该标准中的“5.2.1 地面抽样法”介绍了 LAI 的野外地面抽样观测法，适用于不同均匀程度的地面以及不同的样方布设方式，对于本标准的 LAI 移动观测方法有重要指导意义，对固定观测方法也有一定参考意义。

GB/T 40039 规定了土壤水分遥感产品真实性检验的基本要求、检验方法等，该标准中的“5.2.4 地面数据同步测量”介绍了土壤水分的具体测量方法和要求，适用于固定位置连续观测和移动式观测，对于本标准的土壤水分观测方法有重要指导意义。

全国生态状况调查评估技术规范系列标准中规定了森林、草地、湿地等各生态系统野外观测的相关技术要求。以 HJ-1167 为例，该标准规定了森林生态系统野外观测总则、技术流程、样地选择、样方布设、观测指标体系、技术方法等，该标准中的“7.2 样方布设”介绍了不同地表的样方布设要求，对于本标准的样方布设方法有重要参考意义。

### 5.3 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：本标准的内容概述与适用范围；
- (2) 规范性引用文件：本标准中引用的规范、标准等；
- (3) 术语与定义：本标准中关键术语的解释；
- (4) 工作内容及工作流程：生态遥感地面观测与验证所涉及的主要工作；
- (5) 验证场（站）选址：验证场（站）选址要求；
- (6) 验证样地样方布设：验证场内样地样方的大小、位置等要求；
- (7) 观测参数要求：本标准主要观测参数指标；
- (8) 观测方法要求：本标准各参数指标的观测方法及要求；
- (9) 基础设施要求：仪器搭载平台、数据汇交系统等基础设施建设要求；
- (10) 遥感产品验证方法：遥感产品验证的基本方法及要求；
- (11) 遥感产品验证的评价要求。

## 5.4 术语和定义

### (1) 生态遥感 ecological remote sensing

主要是指遥感技术在生态领域中的应用。具体是指利用遥感技术对生态系统结构、过程、功能等进行定量或定性观测，获取生态系统的某些属性特征及其变化信息，进而识别和判定生态系统所处状态的分析过程和技术手段。

该定义是通过查阅生态环境、遥感技术相关文献，并结合相应业务实际开展情况而来。

### (2) 生态系统 ecosystem

在一定时间和空间内，生物与其生存环境以及生物与生物之间相互作用，彼此通过物质循环、能量流动和信息交换，形成的一个不可分割的自然整体。

该定义是参照《中国大百科全书：环境科学》中的生态系统定义而定。

### (3) 地面验证场（站） verification field (station)

以建立生态遥感参数的定量反演模型或者检验生态遥感参数的反演精度为目标，为地面观测获取同类或者相关生态遥感参数而建立的基础试验场地设置。

该定义是通过查阅遥感真实性检验相关文献而来。

### (4) 地面观测 ground-based observation

在某地面点通过专门仪器设备直接测量当时当地地表参数的过程。

该定义是结合《遥感应用分析原理与方法》和遥感地面观测相关文献而来。

### (5) 地面验证 ground-based validation

通过地面观测获得的地表参数“真值”，对陆地遥感产品数值的真实性进行检验。

该定义是通过查阅地面观测和遥感真实性检验相关文献而来。

### (6) 遥感产品 remote sensing products

通过遥感方式获取并被生产出来以满足特定需求的产物，包括遥感传感器获取的数据、模型反演得到的参数结果，以及再经更高层次处理满足行业应用需求的应用结果。

该定义来自于 GB/T 36296 标准。

### (7) 地表反射率 surface reflectance (SR)

地面太阳反射辐射和太阳总辐射之比。

该定义是来源于《遥感应用分析原理与方法》。

### (8) 地表反照率 albedo

地表向半球 ( $2\pi$ ) 空间反射的短波辐射通量与半球 ( $2\pi$ ) 空间入射在地表上的短波辐射通量之比。

该定义是结合 GB/T 36299 标准和《定量遥感 理念与算法》而来。

### (9) 地表温度 land surface temperature (LST)

表征地表厚度等于一定穿透深度的表层的综合温度。

该定义是结合《定量遥感 理念与算法》、《遥感应用分析原理与方法》以及地表温度反演相关文献综合而来。

### (10) 叶面积指数 leaf area index (LAI)

地面单位投影面积内叶片总面积的一半。

该定义来自于 GB/T 40034 标准。

(11) 植被覆盖度 fractional vegetation cover (FVC)

植被（包括叶、茎、枝）在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比。

该定于来自于 HJ 1172 标准。

(12) 光合有效辐射吸收比率 fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FPAR)

植被吸收的光合有效辐射在入射太阳辐射所占的比例，其中，光合有效辐射是太阳辐射光谱中可被绿色植物的质体色素吸收、转化并用于合成有机物质的一定波段的辐射能，一般指波长为 400 nm~700 nm 的太阳辐射。

该定义是结合 GB/T 33867 标准和《定量遥感 理念与算法》而来

(13) 土壤水分 soil moisture (SM)

吸附于土壤颗粒和存在于土壤孔隙中的水，分为体积含水量和重量含水量。本标准所说的土壤水分是指体积含水量，即单位体积土壤包含的液态水体积。

该定义是来自于 GB/T 40039 标准。

## 5.5 标准主要技术内容

主要工作流程如下：选取验证场（站），确定观测和验证的空间范围；在验证场（站）范围内按一定要求选取样地，明确作业区域；在样地内按照一定规则布设样点，明确具体的观测位置；根据业务需求确定观测参数，设定观测频率等要求；根据样地样方布设和观测参数设定的要求，设计各参数的观测方法；根据观测方法要求，依托数据汇交系统，实现数据观测、传输，实现数据中心的存储管理；设定产品验证方法和评价方法，依托数据中心实现遥感产品的验证及评价。具体见图 2。

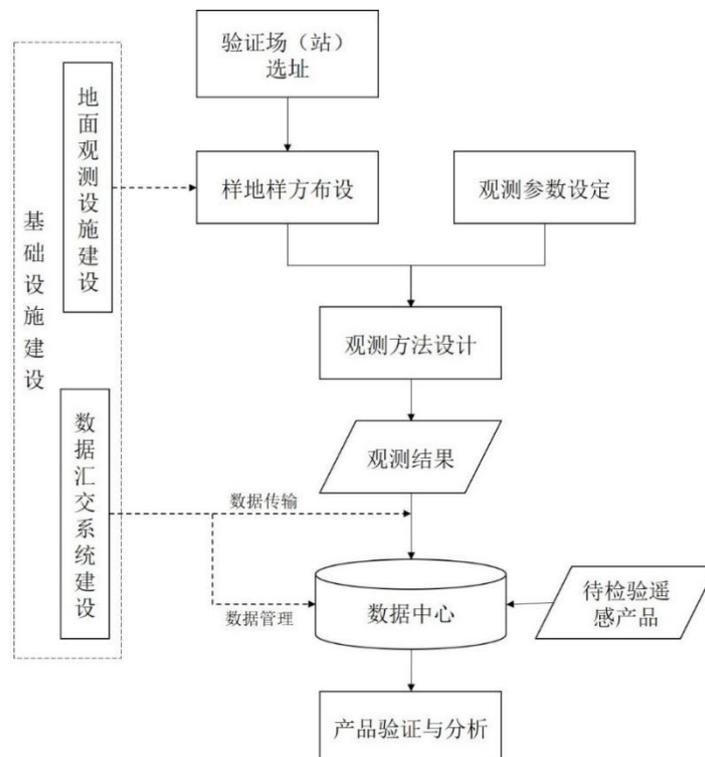


图 2 生态遥感地面观测与验证主要工作流程

### 5.5.1 验证场选址

地面验证场为地面观测工作提供了场所，同时，作为下垫面，地面验证场也是观测内容的所在地。验证场相对固定，长期影响了观测工作的效率、质量、数量等，因此地面观测及验证工作首先对观测场选址提出基本要求。具体来说，是依据生态系统和环境特点，在区域代表性、地表特征、周边环境等方面做出具体要求。

### 5.5.2 验证样地样方布设

样地是验证场中的具体观测区域，决定了观测的范围、尺度、观测对象分布特点等，同时也影响了观测方法、观测难度等，因此，对于样地布设做出要求和规定，是具体实时观测的前提。样地尺度对于观测实施来说仍有一定难度，因此通过具有代表性的样方来反映样地特征，简单来说，样方是样地的小尺度的表现，实际的观测点分布在样方内。

具体来说，即综合考虑自然地理条件和生态系统类型的空间分布特征，选择自然地理条件具有代表性、内部地表相对均一的区域范围内布设样地、样方。在地面验证场周边一定范围内，针对不同类型生态系统，以及同一生态系统类型但不同植被长势的地表，尽量选择地势平坦的区域设置不同的固定样地，样地数量需要根据区域空间异质性而进行合理确定。采用固定样方和流动样方相结合的方式，在固定样地范围内，选取地势平坦、一致性较高的区域设置样方。

### 5.5.3 观测参数要求

生态遥感产品是生态状况调查评估、地面遥感监测等工作的基础数据，针对于相关业务的数据需求，本标准选取以下常用参数作为主要规范的参数内容。这些参数是 HJ 1141、HJ 1142、HJ 1143、HJ 1172、HJ 1173 等常用技术规范中的基础参数，广泛应用与国家或区域的生态监测、生态状况评价。

(1) 地表反射率，是指地面反射辐射量与入射辐射量之比，表征地面对太阳辐射的吸收和反射能力，是地物光谱特征的直接表现，能反映森林、草地、湿地、荒漠等各种生态系统的分布特征、变化特征等，是大部分遥感产品的基础。可基于地表反射率，通过反演计算得到能进一步深层次反映生态系统状况的参数产品，进而形成监测、评估等具有决策能力的服务产品。

(2) 地表反照率，是地物的反射出射度与入射度之比，即单位时间、单位面积上各方向出射的总辐射能量与入射的总辐射能量之比。该参量决定了下垫面对辐射的吸收情况，是地表能量平衡研究中的一个重要参数，其对气候状况、地表状况等具有较高的敏感性，对生态系统变化研究有重要意义。

(3) 地表温度，指地面的温度，太阳的热能被辐射到达地面后，一部分被反射，一部分被地面吸收，使地面增热，对地面的温度进行测量后得到的温度就是地表温度。地表温度是区域和全球尺度地表物理过程中的一个关键因子，也是研究地表和大气之间物质交换和能量交换的重要参数。许多应用如干旱、高温、林火、地质、水文、植被监测、全球环流和区域气候模型等都需要获得地表温度。

(4) 叶面积指数，指单位土地面积上植被叶片单面总面积，能有效地反映植被的长势。

植被是大部分生态系统的主要组织部分，因此长时间序列的 LAI 能很好地反映大部分生态系统的变化状况，对生态系统状况调查评估等应用有重要意义。在遥感实际应用中，LAI 精度较差，应用中需通过一定空间尺度范围内的地面持续观察值来进行验证或调整。

(5) 植被覆盖度，指植被覆盖区域地面的面积占区域总面积的比例，同样能反映植被长势。相对叶面积指数而言，植被覆盖度计算相对简单，但精度和模型区域适应性较差，应用中需通过一定空间尺度范围内的地面测量来进行验证或调整。

(6) 光合有效辐射吸收比率，指植被冠层吸收的光合有效辐射占总光合有效辐射的比例，光合有效辐射是指太阳辐射中能被绿色植物用于光合作用的能量，是影响光合作用的关键因子。光合有效辐射吸收比率直接反映了植被冠层对光能的吸收能力以及有机物转化能力，体现了植被的生长能力，相应的遥感产品精度和模型区域适应性较差，应用中需通过一定空间尺度范围内的地面测量来进行验证或调整。

(7) 土壤水分，即土壤的含水量，直接影响各类生态系统植被生长状况，生态系统的多个服务功能都与土壤水分有密切的关系。在实际应用中，土壤水分是水源涵养、土壤保持等模型的重要输入参数，对于生态系统服务功能评估有重要意义。土壤水分也有相应的遥感产品，可通过准同步的地面观测进行验证或调整。

本标准对上述常用的共性指标参数提出相关基本要求，见表 1。

表 1 观测指标及要求

指标类型	测量指标	观测频次	观测方式
地表辐射特征	地表反射率 (SR)	按需观测。在晴天观测，观测时间为卫星过境的前后 10 分钟内	移动观测
	地表反照率 (Albedo)	1 次/10 分钟	固定连续观测
	地表温度 (LST)	1 次/10 分钟	固定连续观测
地表生态系统特征	叶面积指数 (LAI)	按需观测。在晴天观测，观测时间为待验证日产品当天	移动观测
		1 次/10 分钟	固定连续观测
	植被覆盖度 (FVC)	生长季 2 次/月，非生长季 1 次/月	移动观测
	光合有效辐射吸收比率 (FPAR)	1 次/10 分钟	固定连续观测
	土壤水分 (SM)	1 次/小时	固定连续观测
按需观测。避开雨雪天气，观测时间为卫星过境的前后 10 分钟内		移动观测	

#### 5.5.4 观测方法要求

根据参数和生态系统特点，对不同参数的观测方法提出要求。参数通过观测仪器获得，考虑仪器使用方法、参数观测频次等要求，确定仪器搭载方式、观测样方类型、参数计算方法。

(1) 地表反射率，利用地物光谱仪或机载多光谱、高光谱成像仪测量。

(2) 地表反照率，利用安装在观测塔（或支架）上的短波辐射表测量上下行短波辐射，相比获得。

(3) 地表温度, 利用安装在观测塔(或支架)上的红外辐射计或者长波辐射表, 自动测量地面上行和大气下行的红外辐射亮度或长波辐射, 结合地表发射率, 计算获得。

(4) 叶面积指数, 利用便携式冠层分析仪或固定安装的无线传感器网络直接获得。

(5) 植被覆盖度, 利用搭载在支架或无人机上的相机向下拍摄, 采用照相法获得。

(6) 光合有效辐射吸收比率, 利用固定在冠层上下的光和有效辐射计, 获得冠层上下的上下行光合有效辐射, 进而计算获得。

(7) 土壤水分, 利用便携或固定安装的自动监测仪器直接测量获得。

### 5.5.5 基础设施要求

基础设施是数据观测、数据标准化、数据处理应用的硬件保障, 为确保数据获取条件的统一性和数据的可比性, 除规范的站点选址、样地样方布设、参数观测方法等要求以外, 还需对数据获取的基础设施进行统一要求, 涉及的过程主要包括地面观测和数据传输。

对于数据观测来说, 本标准对固定样方和观测塔(支架)的设置, 以及无人机基本性能提出要求, 确保了数据观测平台的统一性, 减少了因平台差异而造成的误差。

对于数据传输来说, 本标准对观测网络建设提出基本要求, 实现数据的固定观测和实时传输, 确保了多次观测数据传输过程的一致性, 减少了传输过程中的误差。

### 5.5.6 遥感产品验证方法

通过直接或间接的方式进行待验证遥感产品的值与“真值”的对比分析, 实现遥感产品的验证。直接法指直接利用待检验参数的地面观测数据, 对待检验的遥感产品进行验证, 直接法要求待检验参数能直接通过野外观测获得。对于野外地面观测无法直接获取参数观测值的情况, 可采用间接法验证, 常用间接法有交叉检验法、时空变化趋势分析检验法等。

### 5.5.7 遥感产品验证的评价要求

用准确度和不确定度来对产品的验证进行评价。

准确度是用统计特征值描述待检验产品和观测值或间接参考值之间的一致性, 常用指标包括平均误差、平均绝对误差、相对误差、均方根误差、相对系数等。不确定度是用于分析待检验产品的不确定性来源, 常用的指标包括标准差、方差、协方差等。在不确定性分析中, 需考虑各方面误差对产品验证的影响, 评价的主要内容包括几何定位的不确定性、地面观测方法的不确定性、仪器测量性能的不确定性、尺度转换的不确定性等。

## 6 标准实施建议

生态遥感技术广泛应用于生态方面的研究与业务。本标准规定了陆地生态遥感地面观测与验证工作各环节的基本要求, 用于指导基于生态遥感技术的产品验证、遥感监测、调查评估等工作, 对生态遥感技术的发展、应用及业务化有一定的指导意义。建议各级生态环境管理部门、生态科研应用机构尽快推进本标准的实施, 以提高全国及区域范围的定期或不定期的遥感产品验证、生态遥感监测、遥感调查评估等业务、科研应用的效率与准确度。

## 7 参考文献

- [1] Wu X, Xiao Q, Wen J, et al. Advances in quantitative remote sensing product validation: Overview and current status[J]. *Earth-Science Reviews*, 2019, 196.
- [2] 吴小丹, 闻建光, 肖青, 等. 关键陆表参数遥感产品真实性检验方法研究进展[J]. *遥感学报*, 2015, 19 (01) :75-92.
- [3] 李新, 马明国, 王建, 等. 黑河流域遥感—地面观测同步试验: 科学目标与试验方案[J]. *地球科学进展*, 2008 (09) :897-914.
- [4] 李新, 李小文, 李增元, 等. 黑河综合遥感联合试验研究进展: 概述[J]. *遥感技术与应用*, 2012, 27 (05) :637-649.
- [5] 高海亮, 顾行发, 余涛, 等. 基于内蒙试验场地的定标系数真实性检验方法研究与不确定性分析[J]. *中国科学: 地球科学*, 2013, 43 (02) :287-294.
- [6] 晋锐, 李新, 马明国, 等. 陆地定量遥感产品的真实性检验关键技术与试验验证[J]. *地球科学进展*, 2017, 32 (06) :630-642.
- [7] 王春梅, 顾行发, 余涛, 等. 微波土壤水分产品真实性检验研究进展[J]. *浙江农业学报*, 2019, 31 (05) :846-854.
- [8] Liang S, Fang H, Chen M, et al. Validating MODIS land surface reflectance and albedo products: Methods and preliminary results[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 83 (1) :149-162
- [9] 徐建平. 对地观测卫星委员会 (CEOS) 介绍[C]. 全国空间电子学学术年会. 中国电子学会; 中国宇航学会, 2002.
- [10] 中国生态系统研究网络综合研究中心. BigFoot 计划综述-基于野外观测结合遥感技术与过程模型验证 MODIS 陆地碳循环相关产品. *生态系统研究与管理简报*, 2009.
- [11] 孙凌, 王晓梅, 郭茂华, 等. MODIS 水色产品在黄东海域的真实性检验[J]. *湖泊科学*, 2009, 21 (2) :298-306.
- [12] 胡少英, 张万昌. 黑河及汉江流域 MODIS 叶面积指数产品质量评价[J]. *遥感信息*, 2005 (4) :22-27.
- [13] 家淑珍, 马明国, 于文凭. 黑河中游 LAI 产品的真实性检验研究[J]. *遥感技术与应用*, 2014, 29 (6) :1037-1045.
- [14] 张仁华, 田静, 李召良, 等. 定量遥感产品真实性检验的基础与方法[J]. *中国科学: 地球科学*, 2010, 40 (02) :211-222.
- [15] Baret F, Morisette J, Fernandes R, et al. Evaluation of the representativeness of networks of sites for the global validation and intercomparison of land biophysical products: proposition of the CEOS-BELMANIP[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2006, 44 (7) :1794-1803.
- [16] Jackson TJ, Cosh MH, Bindlish R, et al. Validation of advanced microwave scanning radiometer soil moisture products[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2010, 48, 4256-4272.

- [17] Ge Y, Liang Y, Wang J, et al. Upscaling sensible heat fluxes with area-to-area regression kriging[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2015, 12 (3) :656-660.
- [18] Hu M, Wang J, Ge Y, et al. Scaling flux tower observations of sensible heat flux using weighted area-to-area regression kriging[J]. Atmosphere, 2015, 6 (8) :1032-1044.
- [19] Liu S, Xu Z, Song L, et al. Upscaling evapotranspiration measurements from multi-site to the satellite pixel scale over heterogeneous land surfaces[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2016, (230-231) :97-113.
- [20] 《摄影测量与遥感术语》(GB/T 14950-2009)
- [21] 《土壤水分(墒情)监测仪器基本技术条件》(GB/T 28418-2012)
- [22] 《光学遥感辐射传输基本术语》(GB/T 36299-2018)
- [23] 《陆地定量遥感产品真实性检验通用方法》(GB/T 39468-2020)
- [24] 《土壤水分遥感产品真实性检验》(GB/T 40039-2021)
- [25] 《遥感产品真实性检验导则》(GB/T 36296-2018)
- [26] 《林业物联网 第1部分 体系结构》(LY/T 2413.1-2015)
- [27] 《物联网总体框架与技术要求》(YD/T 2437-2012)