

HJ

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1320 2023

生态遥感地面观测与验证技术导则

Technical guidelines for ground-based observation and validation of
ecological remote sensing

2023-11-27

2024-06-01

生态环境部

| | |
|---------------------|----|
| 前 言..... | ii |
| 1 适用范围..... | 1 |
| 2 规范性引用文件..... | 1 |
| 3 术语和定义..... | 1 |
| 4 工作内容及工作流程..... | 3 |
| 5 验证场（站）选址..... | 3 |
| 6 验证样地样方布设..... | 4 |
| 7 观测参数要求..... | 5 |
| 8 观测方法要求..... | 5 |
| 9 基础设施要求..... | 7 |
| 10 遥感产品验证方法..... | 8 |
| 11 遥感产品验证的评价要求..... | 9 |



为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，规范陆地生态遥感地面观测与验证的基本参数和方法，指导生态遥感地面观测验证网络的建设，制定本标准。

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。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部卫星环境应用中心、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院空天信息创新研究院、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。

本标准生态环境部 2023 年 11 月 27 日批准。

本标准自 2024 年 6 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。



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全国及区域遥感产品验证、遥感监测等相关工作。

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）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 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 |

下列术语和定义适用于本标准。

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。

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。

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试验场地。

在某地面点通过专门仪器设备直接测量地表参数的过程。

利用地面观测获取的地表参数对陆地遥感产品真实性进行检验的过程。

通过遥感方式获取并被生产出来以满足特定需求的数据,包括遥感传感器直接获取的数据和利用模型间接获得的数据,以及经过更高层次处理而满足行业应用需求的数据结果。本标准中遥感产品指卫星遥感产品。

地面太阳反射辐射和入射太阳总辐射之比。

地表向半球(2π)空间反射的辐射通量与半球(2π)空间入射在地表上的辐射通量之比。

仅考虑直射光照射的情况下,物体表面向半球(2π)空间反射的辐射通量与入射的直射辐射通量之比。

仅考虑散射光照射的情况下,物体表面向半球(2π)空间反射的辐射通量与入射的散射辐射通量之比。

入射辐射同时包括直射光照射和散射光照射的自然界真实情况下,物体表面向半球(2π)空间反射的辐射通量与入射的辐射通量之比。

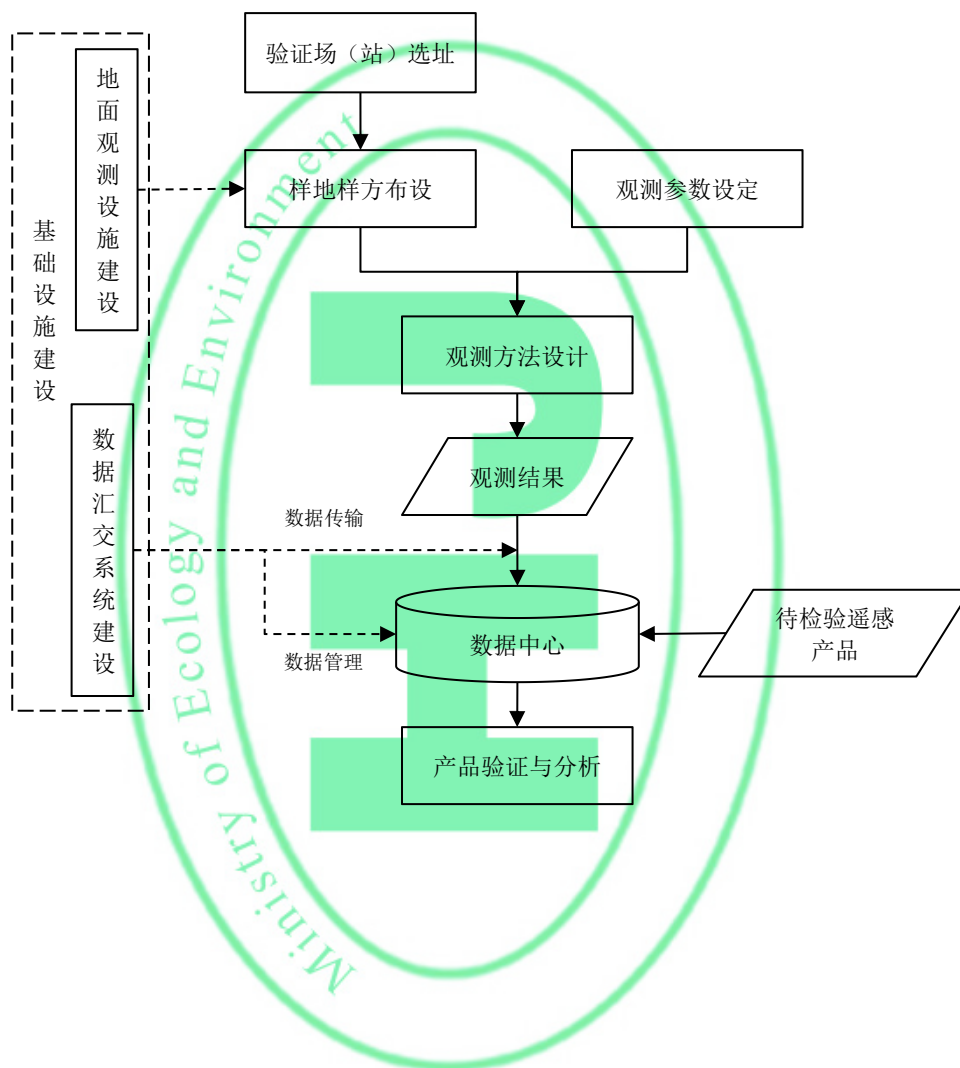
一定土地面积内的植物叶片总面积与土地面积的比值。

单位面积内植被冠层(包括叶、茎、枝)垂直投影面积所占的比例。

植被吸收的光合有效辐射在总光合有效辐射中所占的比例。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。

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。本标准中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。

主要工作流程如下：首先，选取和设立验证场（站），确定观测和验证的空间范围；然后，在验证场（站）范围内按一定要求选取样地，明确作业区域；其次，确定需要观测的参数，设定观测频次、布设样地样方，明确参数的观测方法，实现数据观测、传输、存储；最后，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 1。



综合考虑自然地理和生态系统的空间分布特征，选择自然地理条件具有代表性、生态系统类型具有多样性的区域范围，建设生态遥感验证场（站）。在满足卫星遥感影像像元尺度匹配的前提下，以最小的空间面积代表最大范围的区域生态系统。

除所需验证的产品对地形有特殊需求外，要选择地势相对平坦的区域。不同地表类型的面积不宜太小、地表类型不宜过度破碎，连续斑块区域面积尽可能大于 $10\text{ km} \times 10\text{ km}$ 。场站投入使用后，如土地利用类型发生明显变化（人为干扰面积明显扩大，或影响样地、样方布设及参数观测），则就近调整场站的范围、规模、位置。

在满足区域代表性的前提下，要避开道路、防护林、房屋、高压线等地物，区域大气干洁、稳定。尽量选择交通便利、生活方便、后勤保障容易的区域。

在地面验证场（站）及其周边一定范围内，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及生态系统类型进行合理确定，场站内每个生态系统类型至少设置 1 个。

综合考虑卫星遥感数据和参数产品的像元大小、像元偏移及几何误差等因素，样地大小设置为：对于空间分辨率在 250 m 到 1 km 之间（包含 250 m 和 1 km）的遥感产品，验证样地大小应至少设置为 3 km×3 km；对于空间分辨率优于 250 m 的遥感产品，验证样地大小应至少设置为 750 m×750 m。

根据待检验参数特点、观测要求和观测方法，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。其中，固定样方观测是在具有确定位置和范围的样方内进行观测，通常利用固定安装的设备仪器自动获取，主要用于长时间序列参数的连续观测；流动样方观测是根据具体情况临时选取样方进行观测，通常利用便携式的设备仪器或工具获取，主要应用于短时间内相对稳定的生态参数观测，以及卫星遥感产品参数的卫星准同步观测。

根据地表异质性的不同，样方分布有所不同。可依据 HJ 1167、HJ 1168、HJ 1169 相关要求执行，对于均一地面样地，样方应在区域内均匀分布，至少设置 5 个；对于非均一地面样地，应根据样地内空间异质程度进行分层，要求层内相对均一，样方在层内均匀分布，每层至少设置 3 个。为保证遥感产品验证时有充足的样方来对应像元，样方可适当加密。

森林生态系统的样方不小于 20 m×20 m，灌丛生态系统的样方不小于 10 m×10 m，草地生态系统的样方不小于 1 m×1 m，农田生态系统的样方不小于 1 m×1 m。对于湿地生态系统，森林湿地、灌丛湿地、草本湿地的样方大小分别参照森林、灌丛、草地生态系统设置。具体可参照 HJ 1167、HJ 1168、HJ 1169 执行。

草地、农田生态系统的样方可验证遥感产品的空间分辨率最高为 1 m；森林、灌丛生态系统的样方可验证遥感产品的空间分辨率最高分别为 20 m 和 10 m，如样方必须用于更高空间分辨率的遥感产品验证，则需根据实际情况适当调整样方大小；湿地生态系统样方可验证的遥感产品空间分辨率，可根据情况参照森林、灌丛、草地生态系统。

陆地生态系统分析中地表辐射特征和地表生态系统特征常用的观测参数和要求见表 1。

| 参数类型 | 测量参数 | 观测频次 | 观测方式 |
|----------|----------------------------------|---------------------------------------|--------|
| 地表辐射特征 | 地表反射率 | 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 | 1 次/10 分钟 | 固定连续观测 |
| | 地表温度 | 1 次/10 分钟 | 固定连续观测 |
| 地表生态系统特征 | 叶面积指数 | 按需观测。在晴天观测，观测时间为待验证遥感产品所对应的当天时间。 | 移动观测 |
| | | 1 次/10 分钟 | 固定连续观测 |
| | 植被覆盖度 | 生长季 2 次/月，非生长季 1 次/月，具体可根据不同区域气候特点调整。 | 移动观测 |
| | 光合有效辐射吸收比率 | 1 次/10 分钟 | 固定连续观测 |
| | | 1 次/小时 | 固定连续观测 |
| 土壤水分 | 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 | |

记录样方的大小、位置、海拔、生态系统类型、优势物种、主要物种、群落高度。其中，位置、海拔信息通过手持北斗卫星定位测量仪测量获得；生态系统类型、优势物种、主要物种通过人工判别和相机拍照的方式获得、记录；对于群落高度观测，森林、灌丛的单株高度用测高仪测量获得，草地、农田的单株高度用标尺测量获得，湿地的单株高度视植被类型选取测高仪或标尺测量获得，群落高度为多株高度平均值。具体可参考 HJ 1167、HJ 1168、HJ 1169 相关规定执行。

地表反射率的观测时段控制在卫星过境的前后 10 分钟。天气晴好，光照稳定，天空云量宜为无云或少云，风力应不大于 3 级，太阳天顶角不大于 55°。

对于森林、灌丛等植被高度较高的生态系统，宜利用无人机搭载多光谱相机或高光谱成像仪进行观测；对于草地、农田等植被高度较低的生态系统，宜利用无人机搭载的或便携式的多光谱相机或高光谱成像仪进行观测。根据观测结果和标准板的观测结果，通过公式（1）和（2）计算得到地表反射率。其中，多光谱相机的观测波段至少包括蓝、绿、红、近红外，波段宽度和中心波长根据常用待验证遥感产品实际情况而定；高光谱成像仪的光谱波段观测范围至少为 400 nm~1000 nm，光谱分辨率优于 3 nm。

$$L = DN \times gain + bias \quad (1)$$

式中： L ——目标地物的辐射亮度， $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$ ；

DN ——观测获得的灰度值；

$gain$ ——仪器的增益；

bias——仪器的偏置。

$$\rho = \frac{L \times \rho_0}{L_0} \quad (2)$$

式中： ρ ——目标地物的反射率；

L ——目标地物的辐射亮度， $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$ ；

ρ_0 ——已知的标准板反射率；

L_0 ——标准板的辐射亮度，测量获得标准板 DN 值后通过公式（1）计算得到， $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$ 。

通过安装在观测塔（或支架）上的短波辐射表进行自动连续观测，仪器要高于植物最高株 1 m 以上，具体根据生态系统类型和植被长势确定。利用向上的短波辐射表测量下行太阳总辐射，利用向下的短波辐射表测量地表上行的半球反射辐射，上行短波辐射与下行短波辐射之比即地表反照率。辐射表观测波段范围至少为 380 nm~2500 nm，观测视角不小于 150°，防尘防水等级达到 IP67，工作环境的温度范围为-40 °C~50 °C。

利用搭载在观测塔（或支架）上的仪器进行自动连续观测，仪器要高于植物最高株，具体高度根据仪器视场角等参数和观测区域大小确定。仪器宜选用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，计算获得地表温度。利用红外辐射计观测时，波段至少包括 8 μm ~14 μm ；利用长波辐射表观测时，波段范围至少为 3.5 μm ~50 μm 。设备防尘防水等级达到 IP67，工作环境的温度范围为-40 °C~50 °C。

当基于长波辐射进行测算时，方法如下：

长波辐射表安装在所测表面以上，高度根据具体情况而定，用于测量宽波段长波辐射。地表温度按照公式（3）进行计算。

$$LST = \left\{ \frac{1}{\epsilon \sigma} [R_{up} - (1 - \epsilon)R_{down}] \right\}^{\frac{1}{4}} \quad (3)$$

式中： LST ——地表温度，K；

ϵ ——宽波段地表发射率；

σ ——斯特藩—玻耳兹曼常数，取值为 $5.67 \times 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$ ；

R_{up} ——宽波段地表上行长波辐射， W/m^2 ；

R_{down} ——宽波段大气下行长波辐射， W/m^2 。

LAI 的观测是针对于植被覆盖区域，主要为森林、灌木、草地以及部分湿地。

a) 移动观测

在选定的流动样方内观测。对于不同生态系统来说，森林、灌木以及高草，建议采用冠层分析仪直接测量的方法获得，观测条件根据仪器具体而定；低矮草地，采用收割法获得。具体可参考 GB/T 40034 相关规定执行。

b) 固定连续观测

采用地面固定采样点布设的无线传感器网络对植被 LAI 进行长时间连续观测。要求设备防尘防水等级达到 IP67，工作环境的温度范围为-40 °C~50 °C。

采用照相法,通过分类方法对样方照片进行植被像素的判断和统计,得到照片范围内的植被覆盖度。拍摄时应避免照片范围内存在阴影。

对于草地和农田,样方较小,宜采用支架搭载相机的方式垂直向下拍摄;对于灌丛和森林,样方较大、植株较高,宜采用无人机搭载相机的方式垂直向下拍摄。相机高度根据照片覆盖区域大小和照片分辨率要求确定。为减少照片边缘几何畸变对观测结果造成的影响,照片覆盖区域需大于样方,测算时将照片进行裁剪,建议照片短边长度不小于样方边长的 1.5 倍。对于草地和农田,照片空间分辨率宜优于 0.5 mm;对于灌丛和森林,照片空间分辨率宜优于 1 cm。

太阳辐射在区域尺度上相对均匀,可以用固定样方观测区域光合有效辐射。利用四个光合有效辐射计,分别在植被冠层上下,进行水平向上和水平向下的测量,得到太阳总辐射(仪器置于冠层上方,向上观测)、冠层上出射辐射(仪器置于冠层上方,向下观测)、土壤反射辐射(仪器置于冠层下方,向下观测)、冠层透射辐射(仪器置于冠层下方,向上观测),按公式(4)计算得到 FPAR。

$$FPAR=[L-L_{cu}-(L_{cd}-L_{su})]/L \quad (4)$$

式中: FPAR——光合有效辐射吸收比率, %;

L ——太阳总辐射, W/m^2 ;

L_{cu} ——冠层上出射辐射, W/m^2 ;

L_{cd} ——冠层透射辐射, W/m^2 ;

L_{su} ——土壤反射辐射, W/m^2 。

光合有效辐射计观测的光合有效辐射波段范围一般要求为 400 nm~700 nm,防尘防水等级达到 IP67,工作环境的温度范围为-40 °C~50 °C。

利用自动监测仪器直接测量表层土壤水分(深度为 0~10 cm,具体根据待检验土壤水分遥感产品对应的土壤深度确定),包括固定连续观测和移动观测。

a) 固定连续观测

利用野外固定安装的自动监测仪,对原状土进行水分测量,得到固定位置的连续测量值。

b) 移动观测

利用便携自动监测仪,对原状土进行水分测量。对于遥感水分产品验证来说,观测位置取决于待验证遥感产品覆盖区域,观测时间取决于卫星过境时间。

具体可依据 GB/T 40039 相关规定执行。

地面观测数据多由观测仪器获得,仪器安装会直接影响观测数据的准确性和一致性。本标准对仪器搭载平台的建设或选取提出以下要求:

a) 固定样方基础设施

固定采样点在 6.2 节布设要求的前提下,选取固定的具体位置,并按照样方大小的要求在样方外围设立必要的保护设施,设施需考虑野外牲畜破坏、极端天气影响等。另外,需设立标识,便于记录或警

示。

对于需要专业仪器测量的样方，仪器使用要严格按照厂家提供的使用说明。如果单个固定采样点或多个距离较近的固定采样点要使用多种或多个仪器进行参数观测，需安装数据采集器，将所有仪器采集的数据进行收集汇总。相关设备采用太阳能和蓄电池互补的方式供电，蓄电池在日照弱的情况下可连续使用 30 天以上。

b) 观测塔建设

对于植被平均高度较高的区域（生态系统以森林、灌丛为主）、土壤湿度较大的区域（生态系统以湿地为主）以及气象条件常年较差（大风、冰冻、沙尘、风暴等）的区域，需选取观测塔的架设方式；对于植被平均高度较低且气象条件较好的区域（生态系统以草地、耕地为主），可根据实际情况选取支架或观测塔的架设方式。观测塔或支架的高度根据植被高度、植被长势、设备数量、设备安装要求而定。

为便于搭载仪器，保证观测范围，减少周边环境的影响，观测塔或支架需根据具体要求在不同高度处安装横杆，仪器安装在远离观测塔或支架的一端，仪器安装高度要高于植物最高株，具体高度根据生态系统类型和植被长势而定。相关设备采用太阳能和蓄电池互补的方式供电，蓄电池在日照弱的情况下可连续使用 30 天以上。

c) 无人机配备

无人机的使用要求，取决于搭载设备性能和观测内容，以及无人机本身的性能条件。无人机需配有航空定位定向系统（POS 系统），悬停精度能满足与地面样方的位置匹配，垂直和水平的定位误差宜小于 1 m；无人机飞行环境要求根据观测区域实际环境而定，能适应大风，可抗风速达 15 m/s（7 级风），能适应高海拔，可在海拔 4000 m 以上的地区进行起飞；无人机的飞行时间和距离要求，要根据观测范围和搭载传感器实际情况而定，满载飞行时间宜不低于 20 分钟，最大水平飞行速度宜不低于 15 m/s，最大信号有效距离（无干扰、无遮挡）宜不低于 8 km；无人机防尘防水等级宜不低于 IP45；无人机需适应不同区域的气温条件，工作温度范围为 -20 ℃~50 ℃。使用人员需持有相关无人机机型的驾驶资格证书。

利用计算机和网络技术，实现野外样方节点的数据采集、汇集，并将数据传输至数据中心进行管理应用。

a) 数据采集

对于相对集中的多个固定样方（数据采集节点），采用短距离无线自组网方式，将数据传输至数据汇集节点，进行数据处理。汇集节点同样采用上述组网方式，将数据传输至网关。

b) 数据传输

网关的数据按照移动通信协议进入数据传输系统，并通过 TCP/IP、UDP 等通信协议传输至数据中心。

c) 数据管理与应用

数据中心负责数据的管理与应用，包括数据展示与分析、遥感产品反演、遥感产品验证、数据管理与维护等。

除样方的自动采集数据以外，各过程也均可接收符合标准要求的外部数据。

直接利用地面观测数据对遥感产品进行验证。直接法要求验证遥感产品所需要的参数能直接通过野

外观测获得。具体包括以下要求：

a) 样方选取要求

样方根据验证参数和要求选择。具体采样方法，可依据 GB/T 39468 相关规定执行。地面观测样方和待检验产品像元范围差异较大，样本选取时需充分考虑尺度问题，便于根据像元尺度内地表异质性情况进行尺度转换。具体尺度转换方法，可依据 GB/T 39468 相关规定执行。

b) 观测参数要求

地面观测参数与待检验产品需具有相同的物理意义。以常用的地表反照率产品验证为例，产品包括黑天空反照率和白天天空反照率，而地面观测的地表反照率多为真实反照率（即蓝空反照率），无法直接验证，需基于黑天空、白天天空反照率和天空散射比计算获得真实反照率，对待检验产品进行验证。

c) 观测时间要求

地面观测时间与待检验产品需保持一致。对于瞬时或短时产品，尤其是对于随时间变化较快的参数（如地表温度），地面观测与待检验产品需同步（或准同步）；对于长时间合成产品（如 8 天产品、月产品、年产品等），尽量做到每日卫星过境后半小时内观测，并按照产品时间进行合成，形成待检验产品的地面观测值。

d) 观测光谱要求

参数与地面光谱波长有密切关系，地面观测仪器的响应波段和待检验产品的波段要保持一致。

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。常用的间接方法有以下几种：

a) 交叉检验法：利用已检验的、精度较高的遥感产品对待检验产品进行验证。

b) 时空变化趋势分析检验法：分析待检验遥感产品时空变化特征和相关影响因子时空变化特征的相关关系，来实现待检验产品的验证。

具体要求和依据可依据 GB/T 36296 和 GB/T 39468 相关规定执行。

用准确度和不确定度来对产品的验证进行评价。

开展准确度评价，可选用平均误差、相对误差、均方根误差、相关系数作为数值类遥感参数产品的准确度评价指标；可选用误差矩阵、总体分类精度、Kappa 系数作为类别型遥感产品的准确度评价指标。具体指标及计算方法可依据 GB/T 36296 相关规定执行。

开展不确定度评价，只适用于数值型遥感参数产品，常用的指标包括标准差、方差、协方差等。在不确定度分析中，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。具体可依据 GB/T 36296 或 GB/T 39468 相关规定执行。