

ICS 65.020

CCS B 04

NY

中华人民共和国农业行业标准

NY/T XXXX—202X

农作物物候期遥感监测技术规范

Technical specification for crop phenological monitoring using remote sensing

(征求意见稿)

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中华人民共和国农业农村部 发布

目 次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 基本要求	3
5.1 空间基准	3
5.2 分幅和编号	3
5.3 监测时间	3
6 技术流程	3
7 数据获取与处理	5
7.1 遥感数据	5
7.2 其他数据	5
8 植被指数时间序列数据集构建与处理	5
8.1 植被指数时间序列数据集构建	5
8.2 植被指数时间序列数据集处理	6
9 物候期地面调查	6
9.1 调查时间	6
9.2 地面调查点、观测点布设方案设计	6
9.3 地面观测	7
9.4 地面调查结果	7
10 物候期遥感监测模型构建与应用	7
10.1 物候期遥感监测模型构建方法	7
10.2 基于阈值法的物候期遥感监测模型构建	7
10.3 基于阈值法的物候期遥感监测模型应用	8
11 监测结果精度验证	8
12 监测专题图制作和报告编写	8
12.1 监测专题图制作	8
12.2 监测报告的编写	8
附录 A（规范性附录） 农作物物候期地面调查表	9
附录 B（资料性附录） 常见农作物生育时期	10
参考文献	11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国农业农村部发展规划司提出并归口。

本文件起草单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所。

本文件主要起草人：王利民、杨鹏、刘佳、姚保民、高建孟、季富华、段四波、滕飞、杨福刚、李丹丹、李映祥。

农作物物候期遥感监测技术规范

1 范围

本文件规定了农作物物候期遥感监测的基本要求、技术流程、数据获取与处理、植被指数时间序列数据集构建与处理、物候期地面调查、物候期遥感监测模型构建与应用、监测结果精度验证、监测专题图制作和报告编写等内容。

本文件适用于基于光学遥感卫星数据的大宗农作物物候期监测业务工作，其他农作物物候期监测业务工作可以参考本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号

GB/T 20257（所有部分）国家基本比例尺地图图式

GB/T 30115 卫星遥感影像植被指数产品规范

NY/T 3527-2019 农作物种植面积遥感监测规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

物候期 phenological stage

农作物全田出现形态变化的植株达到规定百分率的日期。

注：农作物一生中外部形态发生一系列变化，根据这些变化表现出的特征，按一定标准划分生长发育进程时间点，这个时间点称为物候期。

[来源：NY/T 4065-2021，定义3.3，有修改]

3.2

生育时期 growth stages

农作物生长过程中，外部形态呈现显著变化的若干阶段。

注：农作物生育时期是根据其起止的物候期确定的，包括多个阶段，如冬小麦包括出苗期、三叶期、分蘖期、越冬期、返青期、起身期、拔节期、孕穗期、抽穗期、开花期、乳熟期和成熟期等。

[来源：NY/T 4065-2021，定义3.2，有修改]

3.3

遥感 remote sensing

不接触物体本身，用传感器收集目标物的电磁波信息，经处理、分析后识别目标物，揭示其几何、物理特征和相互关系及其变化规律的现代科学技术。

[来源：GB/T 14950-2009，定义3.1，有修改]

3.4

像元 pixel

遥感影像的基本单元。

[来源：GB/T 14950-2009，定义4.67，有修改]

3.5

空间分辨率 spatial resolution

遥感影像上一个像元所代表地面单元的大小。

[来源：NY/T 4065-2021，定义3.6]

3.6

植被指数 vegetation index; VI

利用多光谱遥感影像不同波段数据的线性或非线性组合而形成的能反映绿色植物生长状况和分布的特征指数。

[GB/T 14950-2009，定义5.201，有修改]

3.7

归一化差值植被指数 normalized difference vegetation index; NDVI

近红外波段反射率和可见光红光波段反射率之差与二者之和的比值。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CGCS2000	2000 国家大地坐标系 (China Geodetic Coordinate System 2000)
DOY	一年中的第几日 (Day of Year)
NDVI	归一化差值植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index)
RMSE	均方根误差 (Root Mean Square Error)
UTM	通用横轴墨卡托投影 (Universal Transverse Mercator Projection)

5 基本要求

5.1 空间基准

大地基准应采用 2000 国家大地坐标系（CGCS2000）。

高程基准应采用 1985 国家高程基准。

投影方式，省级及以上尺度宜采用阿尔伯斯投影，省级以下尺度宜采用高斯-克吕格或 UTM 投影。

注 1：阿尔伯斯投影（Albers projection）是一种正轴等面积割圆锥投影。又称双标准纬线等积圆锥投影，由阿尔伯斯于 1805 年创拟。

注 2：高斯-克吕格投影（Gauss-Krüger projection）是横轴等角切椭圆柱投影。由德国数学家、天文学家高斯（C.F.Gauss）拟定，德国大地测量学家克吕格（J.Krüger）补充而成。

注 3：通用横轴墨卡托投影（universal transverse Mercator projection，UTM）是横轴等角割椭圆柱分带投影。

5.2 分幅和编号

农作物物候期遥感监测专题图宜采用分幅或分行政区两种方式，分幅及编号应按 GB/T 13989 执行。

5.3 监测时间

监测时间应处于农作物出苗或移栽后至收获前，具体监测时间根据实际情况和需要确定。

6 技术流程

农作物物候期遥感监测技术流程包括数据获取与处理、植被指数时间序列数据集构建与处理、物候期地面调查、物候期遥感监测模型构建与应用、监测结果精度验证、监测专题图制作和报告编写等步骤，流程可参见图 1。

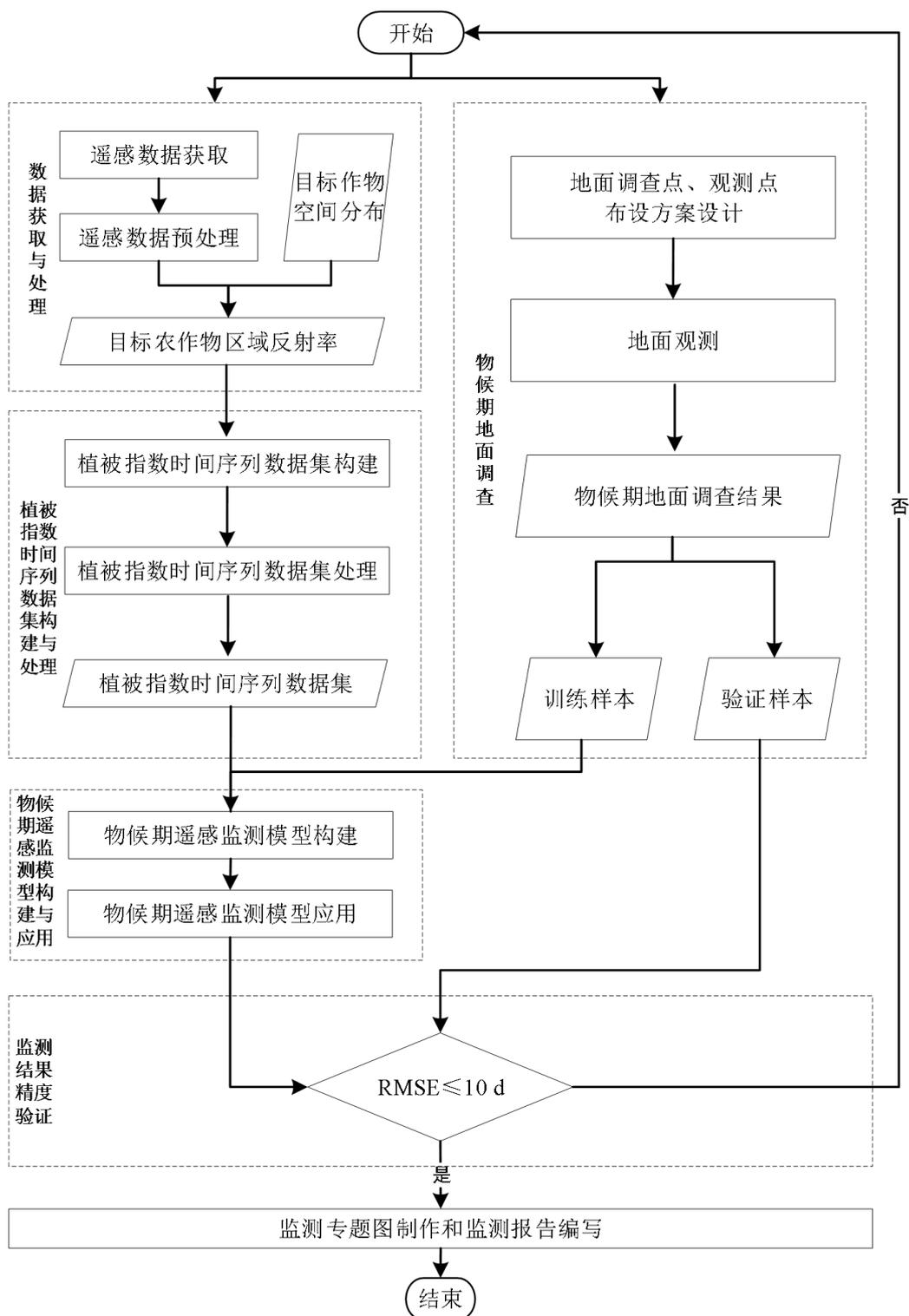


图 1 农作物物候期遥感监测技术流程

7 数据获取与处理

7.1 遥感数据

7.1.1 遥感数据的选择

遥感数据的选择要求如下：

- a) 遥感数据应符合 NY/T 3527-2019 中 7.1.1 的规定；
- b) 遥感数据的时间分辨率应优于 5 d；
- c) 省级及省级以下尺度，遥感数据空间分辨率应优于 30 m。省级以上尺度，遥感数据空间分辨率应优于 500 m。

7.1.4 遥感数据预处理

遥感数据预处理包括辐射定标、大气校正和几何校正，应符合 NY/T 3527-2019 中 7.1.2 的规定。

注 1：几何校正是为消除影像的几何畸变而进行投影变换、目标空间平面位置校正以及不同传感器影像间的几何配准校正等工作。

注 2：辐射定标是根据传感器定标方程和定标系数，将记录的数字值转换成对应视场表观辐亮度的过程。

注 3：大气校正是消除或减弱获取卫星遥感影像时在大气传输过程中因吸收或散射作用引起的辐射畸变的过程。

7.1.5 目标农作物区域反射率数据

目标农作物空间分布提取应参照 NY/T 3527-2019 执行。

基于目标农作物空间分布监测结果，对预处理后的影像通过掩膜处理，获取目标农作物区域的反射率数据。

7.2 其他数据

其他数据应包括：

- a) 监测区同一遥感数据源近 3~5 年 NDVI 时间序列数据；
- b) 监测区域行政区划图；
- c) 监测区域不同农作物生育时期资料。

8 植被指数时间序列数据集构建与处理

8.1 植被指数时间序列数据集构建

植被指数宜采用 NDVI，按公式（1）计算。

$$NDVI = (R_{nir} - R_{red}) / (R_{nir} + R_{red}) \quad (1)$$

式中：

R_{nir} ——近红外波段地表反射率；

R_{red} ——红波段地表反射率。

单期植被指数质量不佳时，可进行植被指数合成，应按 GB/T 30115 执行。植被指数合成所用的数据成像日期应处于农作物同一生育时期内。

将遥感影像获取日期转换为 DOY，在像元尺度上构建 NDVI 时间序列数据集。为便于后续计算和应用，数据集应为多图层的空间数据格式，且每个图层的名称应包含相应的 DOY 信息。

8.2 植被指数时间序列数据集处理

采用 Savitzky-Golay 滤波等算法对 NDVI 时间序列数据集进行重建，依据公式（2）计算。

$$Y_j = \frac{\sum_{i=-m}^m C_i y_{j+i}}{N} \quad (2)$$

式中：

y ——NDVI原始值；

Y ——NDVI滤波后的结果；

C_i ——第 i 个NDVI值滤波时的系数；

j ——沿原始数据纵坐标数据列的计算点下标；

m ——任意正整数， $2m+1$ 表示滤波窗口的宽度；

N ——卷积中值点的个数，等于滤波窗口的宽度。

注：Savitzky-Golay 滤波是一种基于曲线局部特征的多项式拟合方法，由 Savitzky 和 Golay 于 1964 年提出。

9 物候期地面调查

9.1 调查时间

农作物物候地面调查时间应覆盖目标农作物的全部生育时期，根据目标农作物每个生育时期的长短确定调查时间间隔，通常为每周调查一次。对于生育时期持续时间较短的农作物，可每 2 天调查一次。

9.2 地面调查点、观测点布设方案设计

地面调查点、观测点布设应符合下列规定：

- a) 应根据近 3~5 年 NDVI 时间序列数据判断待监测区域内目标农作物物候特征差异，若待监测区内目标农作物物候特征差异大，则需要先对待监测区域进行分区，在每个分区内分别布设地面调查点和观测点；
- b) 调查点布设应具有区域代表性，农作物物候期受纬度和海拔等因素影响较大，因此调查点应能综合反映监测区域农作物物候的差异性；
- c) 调查点应离村庄或建筑物 100m 以上，调查点内目标农作物应多年、大面积、稳定种植，且目标农作物播种（移栽）日期相对固定，调查点内目标农作物分布区域的边长应不小于所用遥感影像空间分辨率的 2 倍；
- d) 调查点数量应具有统计意义，省级以下尺度不少于 30 个调查点。选点可采用前期目标农作物 NDVI 数据辅助分层抽样方式，将 NDVI 数值范围划分为 10 层，每层选择不应少于 3 个调查点，省级及省级以上尺度可适当增加调查点数量；
- e) 观测点是在调查点范围内实际目视观测的位置，所用遥感影像空间分辨率优于 100m 时，调查

点内可仅设置 1 个观测点。否则需根据影像空间分辨率在单个调查点内设置不少于 3 个观测点。

9.3 地面观测

地面观测应符合下列规定：

- a) 观测点选定之后，应按照附录 A 的内容将观测点的地理坐标、海拔、农作物种类、农作物所处生育时期等信息做详细记载，并拍摄观测点农作物不同角度照片，作为档案保存。可参照附录 B 填写农作物所处生育时期；
- b) 对于每个观测点，观测的植株数量应不少于 30 株，当 40%~60%的植株进入某一生育时期，则观测日期对应的 DOY 即为农作物进入该生育时期的物候期；
- c) 大于 60%或小于 40%的植株进入某一生育时期，应根据前一期和后一期的观测日期和观测结果，推算农作物进入该生育时期的物候期。

9.4 地面调查结果

当调查点内仅有一个观测点时，观测得到的物候期即为该调查点的物候期。当调查点内有多个观测点且观测点得到的物候期不一致时，则不同调查结果的 DOY 均值为该调查点的物候期。农作物物候期地面调查结果宜按照 7:3 的比例随机划分为训练样本和验证样本。

10 物候期遥感监测模型构建与应用

10.1 物候期遥感监测模型构建方法

目标农作物长势较为正常时宜采用阈值法构建农作物物候期遥感监测模型，也可采用滑动平均法、微分法等其他算法构建模型。

10.2 基于阈值法的物候期遥感监测模型构建

针对目标农作物的每一个像元，基于目标农作物播种后至当前一期 NDVI 时间序列数据，确定数据中的极大值和极小值，利用非对称数学函数（如非对称性高斯函数或双 Logistic 函数）对平滑滤波后的 NDVI 极大值、极小值之间的数据进行曲线拟合，得到 DOY-NDVI 对应曲线。

获取地面调查训练样本的农作物进入某生育时期的物候期 DOY 及地理坐标，然后以 DOY 为索引在 NDVI 时间序列数据集中选定相应 DOY（或最临近 DOY）的 NDVI 数据，并根据地理坐标获取调查点位置上的 NDVI 值。利用公式（3）计算得到全部训练验证样本的 NDVI 均值，即为提取物候期 DOY 的 NDVI 阈值。

$$T = \frac{\sum_{i=1}^m t}{m} \quad (3)$$

式中：

T——全部训练样本地面调查点的 NDVI 均值；

t——某一训练样本地面调查点的 NDVI 值；

m——训练样本的个数。

10.3 基于阈值法的物候期遥感监测模型应用

对于一个未知物候期的目标农作物像元，根据 DOY-NDVI 对应曲线，通过计算曲线上到达 NDVI 阈值时的 DOY 值，即可实现对该像元的物候期 DOY 反演。当 DOY-NDVI 对应曲线上 NDVI 阈值有多个 DOY 对应时，应根据农作物实际物候期和曲线的单调性确定正确的 DOY 值。

11 监测结果精度验证

利用农作物物候期地面调查结果对农作物物候期遥感监测结果进行精度验证，依据公式（4）计算均方根误差（RMSE），并对物候期监测结果的精度进行评价，以 RMSE 不超过 10 d 为合格。对于生育时期持续时间较短的农作物，RMSE 应不超过农作物当前所处生育时期持续天数的一半。

精度评价不合格的，应在所用遥感数据质量、物候期地面调查点代表性等方面进行核查，并重新执行监测流程，直至精度评价合格为止。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d'_i)^2} \quad (4)$$

式中：

n ——验证样本数量；

i ——第 i 个验证样本；

d_i ——农作物物候期遥感监测结果（DOY 值），单位为 d；

d'_i ——农作物物候期地面调查结果（DOY 值），单位为 d。

12 监测专题图制作和报告编写

12.1 监测专题图制作

农作物物候期遥感监测专题图的符号配置、注记和地图整饰等地图要素按 GB/T 20257（所有部分）制作完成，制图要素应包括图名、图例、比例尺、指北针、物候期空间分布、行政区划地理信息等。

12.2 监测报告的编写

农作物物候期遥感监测报告主要内容宜包括：

- a) 农作物物候期遥感监测的测区概况、目标农作物类型、所使用的卫星及其传感器、影像获取时间、监测时间范围、监测人员、审核人员等信息；
- b) 农作物物候期遥感监测流程；
- c) 地面调查点分布、农作物物候期地面调查表等信息；
- d) 训练样本和验证样本的数量和分布图；
- e) 精度验证结果及农作物物候期遥感监测结果专题图；
- f) 根据遥感监测结果获取的农作物物候期的时空变化规律；
- g) 根据遥感监测结果获取的不同级别行政区划内目标农作物物候遥感监测统计结果。

附录 A
(规范性附录)

农作物物候期地面调查表

农作物物候期地面调查表见表 A.1。

表 A.1 农作物物候期地面调查表

调查点	观测点	调查日期	经度(°)	纬度(°)	海拔(m)	农作物种类	播种(移栽)日期	播种方式	生长状态	生育时期	处于该生育时期的植株比例	物候期(DOY)
调查点 1	观测点 1											
	观测点 2											
	观测点 3											
	...											
调查点 2	观测点 1											
	观测点 2											
	观测点 3											
	...											
...												

附录 B
(资料性附录)
常见农作物生育时期

常见农作物生育时期见表 B.1。

表 B.1 常见农作物生育时期

冬小麦	水稻	玉米	油菜	棉花	大豆	花生
出苗期	出苗期	出苗期	出苗期	出苗期	出苗期	出苗期
三叶期	三叶期	三叶期	五叶期	现蕾期	真叶期	幼苗期
分蘖期	移栽期	七叶期	现蕾期	开花期	分枝期	开花下针期
越冬期	返青期	拔节期	抽薹期	吐絮期	开花期	结荚期
返青期	分蘖期	小喇叭口期	开花期		结荚期	饱果成熟期
起身期	拔节期	大喇叭口期	结荚期		鼓粒期	
拔节期	孕穗期	抽雄期	成熟期		成熟期	
孕穗期	抽穗期	开花期				
抽穗期	扬花期	吐丝期				
开花期	灌浆期	子粒形成期				
乳熟期	乳熟期	乳熟期				
成熟期	蜡熟期	蜡熟期				
	成熟期	成熟期				

参考文献

- [1] GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语
 - [2] GB/T 16820-2009 地图学术语
 - [3] GB/T 32453-2015 卫星对地观测数据产品分类分级规则
 - [4] NY/T 4065-2021 中高分辨率卫星主要农作物产量遥感监测技术规范
 - [5] 李存东. 农学概论（第二版）[M].北京：科学出版社，2018. 43.
 - [6] 王强. 航空高光谱遥感光谱域噪声滤波应用研究[D].华东师范大学,2006.
-