

高标准农田无人机遥感监测技术规范

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
5 空间设施布局监测	3
6 作物生长监测	5
7 灾害风险监测	6
8 农田管护与生态环境监测	7
9 成果要求	8
10 资料归档	9
附录 A（资料性） 无人机航摄飞行信息记录表	10
附录 B（规范性） 高标准农田无人机遥感监测工作流程图	11
附录 C（规范性） 高标准农田无人机遥感监测成果报告提纲	12

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。

本文件由山西省农业农村厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对本文件的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省农业农村标准化技术委员会种植业分技术委员会（SXS/TC19/SC01）归口。

本文件起草单位：山西省耕地质量监测保护中心、山西农业大学水土保持科学研究所。

本文件主要起草人：刘林、郑必昭、贾芳、刘仍臣、赵耀巍、陈海鹏、高杰、张丽、孟颖晨、赵嘉祺、张新、刘小华、刘志刚、侯如娇。

高标准农田无人机遥感监测技术规范

1 范围

本文件规定了高标准农田无人机遥感监测的基本要求、监测要求、成果要求、资料归档等内容。本文件适用于高标准农田建设选址、施工建设、作物种植、灾害防控等无人机遥感监测工作。

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 14950 摄影测量与遥感术语
- GB/T 23236 数字航空摄影测量 空中三角测量规范
- GB/T 30600 高标准农田建设 通则
- GB/T 33130 高标准农田建设评价规范
- GB/T 36100 机载激光雷达点云数据质量评价指标及计算方法
- GB/T 39610 倾斜数字航空摄影技术规程
- CH/T 1029.2 航空摄影成果质量检验技术规程 第2部分：框幅式数字航空摄影
- CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求
- CH/T 3003 低空数字航空摄影测量内业规范
- CH/T 3004 低空数字航空摄影测量外业规范
- CH/T 3005 低空数字航空摄影规范
- CH/T 8023 机载激光雷达数据处理技术规范
- CH/T 8024 机载激光雷达数据获取技术规范
- CH/T 9008.2 基础地理信息数字成果1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型
- CH/T 9008.3 基础地理信息数字成果1:500 1:1000 1:2000 数字正射影像图
- NY/T 4150 农业遥感监测专题制图技术规范
- NY/T 4151 农业遥感监测无人机影像预处理技术规范

3 术语和定义

GB/T 14950、GB/T 30600、GB/T 33130界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字航空摄影测量

基于低空无人机航空摄影系统，在相对航高不超过1000m的空域实施近垂直摄影，通过预设航线获取高重叠度影像数据，经影像处理技术生成高精度数字成果，满足1:2000及以上比例尺测图精度要求的测绘技术。

3.2

倾斜数字航空摄影测量

通过无人机平台搭载多镜头传感器，同时从垂直（倾角 $\leq 5^\circ$ ）和倾斜（通常 $15^\circ \sim 45^\circ$ ）多个角度采集地表影像，结合GNSS/IMU定位定向数据，经影像处理技术生成兼具地理坐标精度与真实纹理的三维模型的测绘技术。

3.3

光谱数字航空摄影测量

通过无人机平台搭载多光谱或高光谱传感器，同步获取目标物的光谱数据和高分辨率空间影像，并利用数字化处理手段进行地物识别和特征提取的测绘技术。

3.4

点状工程措施

监测区域内呈点状分布的设施工程，包括小型泵站、蓄水池和集雨设施等。

3.5

线状工程措施

监测区域内呈线状分布的设施工程，包括田间灌排沟渠、道路、田坎、输电线、护地堤等。

3.6

面状工程措施

监测区域内呈面状分布的设施工程，包括耕作田块、大型农田防护林等。

3.7

光谱影像

一种既包含二维数字图像信息，又有精确光学波长信息的三维图像，同时具备目标物的光谱和空间信息，根据波段数量及波段宽度可分为多光谱影像和高光谱影像。

3.8

遥感专题图

基于多源遥感数据，通过特定技术流程与解译方法生成的聚焦单一或关联主题要素的空间分布、动态变化及特征表达的专业地图。

4 基本要求

4.1 人员要求

无人机航摄操作人员应取得民用无人机驾驶员合格证，宜具有农业专业背景，持证开展工作。

4.2 现场勘察要求

4.2.1 了解监测区域的地形地貌、气候条件、植被状况以及机场、重要工程等相关情况。

4.2.2 无人机起降场地宜选择卫星信号接收良好，地势平坦、视野开阔的区域。

4.3 安全作业要求

按照CH/Z 3001中的相关规定执行。

4.4 飞行和航摄要求

一般应满足以下要求：

- a) 选择晴天少云的天气进行飞行作业，到达起降场地后进行风力测定；
- b) 组装无人机和传感器，检查各设备安全性及电量满载情况；
- c) 架设地面基准站和信号电台，确保无人机和地面站数据传输正常；

- d) 特殊精度下监测，应在保障安全作业前提下，采用低空、贴近、仿地等方式航摄；
- e) 无人机航摄任务完成后，应及时从传感器存储卡中下载影像数据，防止数据丢失。

4.5 飞行作业完成后现场要求

一般应满足以下要求：

- a) 操作人员应及时填写无人机航摄飞行信息记录表，参见附录 A；
- b) 及时检查无人机外观完整性，对机体损坏部位做好标记；
- c) 及时拆解无人机、传感器、基准站等设备并妥善安置。

4.6 工作流程

工作流程主要包括监测任务分析、资料准备、无人机飞行前准备、无人机遥感监测、数据处理与信息提取、成果质量检验、成果制作、资料归档等，见附录 B。

5 空间设施布局监测

5.1 监测内容

空间设施布局监测内容见表 1。

表 1 空间设施布局监测内容

监测内容	主要监测指标
项目区地形地貌	位置、范围、高程、坡度、坡向等
耕地田块	田块边界、几何形状、面积、地块连通性、田块平整度、地块碎片化程度等
工程措施分布	点、线、面状工程措施的位置、数量、结构及灌溉渠道、田间道路的长度和连通性、防护林覆盖率等

5.2 监测方法

根据监测内容选定监测方法，监测方法及数字成果见表 2。

表 2 空间设施布局监测方法

监测内容	主要监测指标	监测方法	数字成果
项目区地形地貌	位置、范围、高程、坡度、坡向等	数字航空摄影测量	数字正射影像、数字高程模型
耕地田块	田块边界、几何形状、面积、地块连通性、田块平整度、地块碎片化程度等	数字航空摄影测量	数字正射影像、数字高程模型
工程措施分布	点、线、面状工程措施的位置、数量、灌溉渠道及田间道路的长度和连通性、防护林覆盖率等	数字航空摄影测量	数字正射影像
	点、线、面状工程措施结构	倾斜数字航空摄影测量	三维立体模型

5.3 技术要求

5.3.1 数字航空摄影测量

5.3.1.1 无人机平台

一般应满足以下要求：

- a) 根据监测任务和监测条件选择旋翼无人机、固定翼无人机或复合翼无人机，飞行相对高度一般不超过 500m，最高不超过 1000m；
- b) 宜搭载实时差分或后差分定位系统，具备厘米级飞行定位精度；
- c) 宜具备高稳定性设计，应具备 5 级风力气象条件下安全作业能力；
- d) 宜具备自主航线规划和自动避障功能，数据支持 4G/5G 网络实时传输；
- e) 宜具备仿地飞行能力；
- f) 其他要求按照 CH/T 3005 中第 5 章的相关规定执行。

5.3.1.2 航摄数码相机

存储器容量应不小于32GB，其他要求按照CH/T 3005中第5章的相关规定执行。

5.3.1.3 航摄计划

根据监测任务制定航摄计划，应满足以下要求：

- a) 根据监测面积及成图比例尺确定无人机平台和航摄分辨率；
- b) 监测区域内高程差较大时，宜采用分区或仿地飞行航摄；
- c) 航线的航向重叠率不低于 80%，旁向重叠率不低于 75%；
- d) 同一监测区域在不同时间段进行监测时，航线、航摄高度、飞行速度应保持一致；
- e) 其他要求按照 CH/T 3005 中第 6 章的相关规定执行。

5.3.1.4 像控点布设及测量

按照CH/T 3004相关规定执行。

5.3.1.5 数据预处理

按照CH/T 3003和NY/T 4151相关规定执行。

5.3.1.6 信息提取

采用计算机自动识别与人机交互相结合的方法在数字成果中提取监测指标信息。

5.3.2 倾斜数字航空摄影测量

5.3.2.1 无人机平台

应满足以下要求：

- a) 符合 5.3.1.1 a)~ f)的规定；
- b) 其他按照 GB/T 39610 中第 5 章的相关规定执行。

5.3.2.2 倾斜相机

单相机存储器容量应不小于32GB，其他按照GB/T 39610中第5章的相关规定执行。

5.3.2.3 航摄计划

按照GB/T 39610中第6章的相关规定执行。

5.3.2.4 像控点布设及测量

按照CH/T 3004相关规定执行。

5.3.2.5 数据处理

应满足以下要求：

- a) 处理影像光照不均、色差大等问题，确保相邻影像亮度差异低于 10%；
- b) 空中三角测量的平面位置中误差优于 0.10m，高程中误差优于 0.15m，每张影像有效连接点数量大于 50；
- c) 区域网平差的结果，应符合 GB/T 23236 中第 8 章的要求；
- d) 区域分块拼接时，接边处宜选择地势平坦且地物特征明显的区域；
- e) 宜建立分级索引机制，元数据应包含航摄时间、传感器参数、处理版本等信息。

5.3.2.6 信息提取

信息提取应按本文件5.3.1.6要求执行。

6 作物生长监测

6.1 监测内容

作物生长监测内容见表 3。

表 3 作物生长监测内容

监测内容	主要监测指标
作物种植结构	作物类型、种植密度、作物分布、种植比例等
作物长势	归一化植被指数、叶面积指数及株高、株数、冠层结构等

6.2 监测方法

根据监测内容选定监测方法，监测方法及数字成果见表 4。

表 4 作物生长监测方法

监测内容	主要监测指标	监测方法	数字成果
作物种植结构	作物类型、种植密度、作物分布、种植比例等	光谱数字航空摄影测量	光谱影像
作物长势	归一化植被指数、叶面积指数等	光谱数字航空摄影测量	光谱影像
	株高、株数、冠层结构等	激光雷达数字航空摄影测量	三维立体模型

6.3 技术要求

6.3.1 光谱数字航空摄影测量

6.3.1.1 无人机平台

符合5.3.1.1 a)~ f)的规定。

6.3.1.2 光谱传感器

相机存储器容量应不小于64GB。传感器宜有利于降低成本，满足监测任务具体需求的原则自行确定，多光谱传感器波段范围宜覆盖450nm~900nm范围；高光谱传感器波段范围宜覆盖400nm~2500nm范围。其他按照CH/T 3005中第5章的相关规定执行。

6.3.1.3 航摄计划

符合5.3.1.3 a)~ e)的规定。

6.3.1.4 像控点布设

按照CH/T 3004相关规定执行。

6.3.1.5 数据处理

应满足以下要求：

- a) 宜采用实验室定标系数法或反射率面板法进行辐射定标，反射率标定误差不高于5%。其他按照NY/T 4151中第8章的相关规定执行；
- b) 几何校正后，平面中误差应优于0.05m，高程中误差应优于0.10m，多光谱影像与正射影像的套合误差优于1个像素；
- c) 监测指标信息与影像特征波段的相关性系数宜高于0.6；
- d) 宜采用机器学习方法构建监测指标的反演模型，模型精度应结合现场采样数据进行验证。

6.3.1.6 信息提取

信息提取应按本文件5.3.1.6要求执行。

6.3.2 激光雷达摄影测量

6.3.2.1 无人机平台

符合5.3.1.1 a)~ f)的规定。

6.3.2.2 数据获取

按照CH/T 8024相关规定执行。

6.3.2.3 数据处理

按照CH/T 8023相关规定执行。

6.3.2.4 信息提取

信息提取应按照本文件5.3.1.6要求执行。

7 灾害风险监测

7.1 监测内容

灾害风险监测内容见表5。

表 5 灾害风险监测内容

监测内容	主要监测指标
病虫害	叶片形态、颜色、纹理、归一化植被指数、叶绿素指数等
旱涝灾害	叶片形态、颜色、纹理、归一化植被指数、叶绿素指数及洪涝位置、面积等
冻害	叶片形态、颜色、纹理、归一化植被指数、叶绿素指数等
工程损毁	灌溉系统完整性、沟渠与道路效能、田块平整度等

7.2 监测方法

根据监测内容选定监测方法，监测方法及数字成果见表 6。

表 6 灾害风险监测方法

监测内容	主要监测指标	监测方法	数字成果
病虫害	叶片形态、颜色、纹理等	数字航空摄影测量	数字正射影像
	归一化植被指数、叶绿素指数等	光谱数字航空摄影测量	光谱影像
旱涝灾害	叶片形态、颜色、纹理及洪涝位置、面积等	数字航空摄影测量	数字正射影像
	归一化植被指数、叶绿素指数等	光谱数字航空摄影测量	光谱影像
冻害	叶片形态、颜色、纹理等	数字航空摄影测量	数字正射影像
	归一化植被指数、叶绿素指数等	光谱数字航空摄影测量	光谱影像
工程损毁	灌溉系统完整性、沟渠与道路效能、田块平整度等	数字航空摄影测量	数字正射影像、数字高程模型

7.3 技术要求

7.3.1 数字航空摄影测量

按照5.3.1规定执行。

7.3.2 光谱数字航空摄影测量

按照6.3.1规定执行。

8 农田管护与生态环境监测

8.1 监测内容

农田管护与生态环境监测内容见表 7。

表 7 农田管护与生态环境监测内容

监测内容	主要监测指标
设施维护	破损工程的类型和位置、缺失防护林斑块、田坎植被覆盖率、非法占地等
生态环境	水土流失面积、水土流失量、土壤有机质含量、土地盐渍化程度等

8.2 监测方法

根据监测内容选定监测方法，监测方法及数字成果见表 8。

表 8 农田管护与生态环境监测方法

监测内容	主要监测指标	监测方法	数字成果
设施维护	破损工程的类型和位置、缺失防护林斑块、田坎植被覆盖率、非法占地等	数字航空摄影测量	数字正射影像
生态环境	水土流失面积、水土流失量等	数字航空摄影测量	数字正射影像、数字高程模型
	土壤有机质含量、土地盐渍化程度等	光谱数字航空摄影测量	光谱影像

8.3 技术要求

8.3.1 数字航空摄影测量

按照5.3.1规定执行。

8.3.2 光谱数字航空摄影测量

按照6.3.1规定执行。

9 成果要求

9.1 数学基础

应满足以下要求：

- a) 坐标系统：CGCS2000 国家大地坐标系；
- b) 地图投影：高斯-克吕格投影，按 3° 分带；
- c) 高程基准：1985 国家高程基准；
- d) 面积单位：平方公里（km²），小数点后保留 4 位；
- e) 长度单位：米（m），小数点后保留 2 位。

9.2 数字正射影像

应满足以下要求：

- a) 数据格式宜为 TIFF、IMG、JPG 等常用格式；
- b) 数据覆盖范围、精度及影像质量应按照 CH/T 9008.3 的相关规定执行。

9.3 数字高程模型

应满足以下要求：

- a) 数据格式宜为 TIFF、GRID、IMG 等常用格式；
- b) 数据覆盖范围、精度及影像质量应按照 CH/T 9008.3 的相关规定执行；
- c) 数据质量应按照 CH/T 9008.2 相关规定执行。

9.4 三维立体模型

应满足以下要求：

- a) 数据格式宜为 OSGB、OBJ 等常用格式；
- b) 模型的结构完整无损、避免出现短缺、悬空或变形等几何缺陷；
- c) 模型色差适中、色彩饱满，应为真彩色模式；
- d) 模型宜附带属性数据；

e) 数据质量应按照 NY/T 4151 中第 10 章的相关规定执行。

9.5 激光雷达数据

按照 GB/T 36100 相关规定执行。

9.6 光谱影像

应满足以下要求：

- a) 数据格式宜为 TIFF、IMG 格式，附带辐射定标参数文件；
- b) 多光谱数据的波段宜覆盖 450nm~900nm，高光谱数据的波段宜覆盖 400nm~2500nm，可用波段比例应高于 80%；
- c) 云、阴影等干扰区域的异常值占比低于 5%；
- d) 数据无明显接缝，元数据记录完整（包含传感器参数、定标记录等）。

9.7 成果质量检验

按照 CH/T 1029.2 相关规定执行。

9.8 成果制作

9.8.1 遥感专题图制作

根据提取的监测指标信息，编制高标准农田无人机遥感监测专题图。遥感专题图的编制应符合 NY/T 4150 的规定。

9.8.2 成果报告

成果报告应以监测任务和目的为基础，综合分析无人机遥感监测成果，数据准确，图、文、表齐全，结论明确。编写提纲参照附录 C。

10 资料归档

归档的资料应包括但不限于以下内容：

- a) 航摄传感器参数；
- b) 航摄原始影像数据；
- c) 原始影像数据 POS 文件；
- d) 无人机航摄飞行信息记录表；
- e) 像控点测量数据；
- f) 反演模型验证报告；
- g) 专题图；
- h) 成果报告。

附 录 A
(资料性)
无人机航摄飞行信息记录表

无人机航摄飞行信息记录表见表A.1。

表 A.1 无人机航摄飞行信息记录表

高标准农田	项目名称			坐标范围	经度		最高海拔 (m)	
					纬度		最低海拔 (m)	
	涉及行政区							
无人机平台	类型			传感器	类型		获取数据类型	<input type="checkbox"/> 可见光影像 <input type="checkbox"/> 多光谱影像 <input type="checkbox"/> 高光谱影像 <input type="checkbox"/> 倾斜摄影测量数据 <input type="checkbox"/> 激光雷达数据
	型号				型号			
航线设置	起降点	海拔 (m)		航摄分辨率 (cm)			飞行速度 (m/s)	航向重叠度 (%)
		位置坐标		相对航线高度 (m)			差分方式	旁向重叠度 (%)
气候条件	天气			风力			能见度	
操作人员								
飞行任务执行情况:								
监测区域飞行次数	起飞时间	降落时间	飞行过程是否正常				备注	
1								
2								
3								
.....								

附录 B
(规范性)
高标准农田无人机遥感监测工作流程图

高标准农田无人机遥感监测工作流程图见B.1。

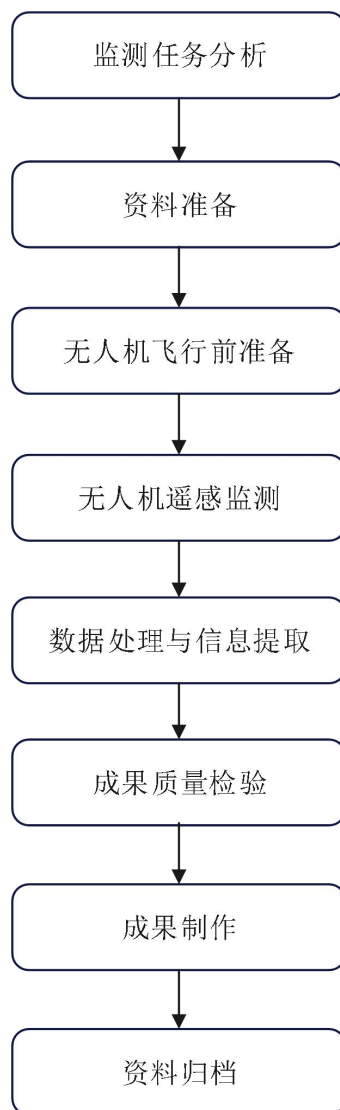


图 B.1 高标准农田无人机遥感监测工作流程图

附录 C

(规范性)

高标准农田无人机遥感监测成果报告提纲

C.1 前言

主要包括：项目概况、自然地理概况、任务和目的、监测内容、监测工作实施情况等。

C.2 方法与技术路线

主要包括：无人机平台情况、遥感数据源情况、航摄计划与航线设计、像控点布设等。

C.3 数据处理与信息提取

主要包括：数字正射影像数据处理、数字高程模型数据处理、三维立体模型构建、光谱影像数据处理、数据质量检验；地形信息提取、工程措施信息提取、作物生长信息提取、生态环境信息提取等。

C.4 结果与分析

主要包括：监测数据汇总、空间设施布局数据分析、作物生长数据分析、灾害风险监测分析、农田管护与生态环境情况分析等。

C.5 结论与建议

主要包括：无人机遥感监测主要成果、存在问题、高标准农田建设工作建议等。
