湖北省地质灾害区域监测预警
技术要求
（试行）

湖北省自然资源厅　　发布

目　次

前言 IV
引言 V
1　适用范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语与缩略语 1
3.1　术语 1
3.2　缩略语 3
4　总则 3
4.1　目的 3
4.2　任务 3
4.3　内容 3
5　基本规定 4
6　工作设计 4
6.1　需求分析 4
6.2　数据获取 4
6.3　雷达数据处理 5
6.4　隐患识别 5
6.5　成果编制与归档 5
6.6　工作设计书编写与审查 5
7　数据获取 5
7.1　基础资料 5
7.2　雷达遥感数据 5
7.3　光学遥感数据 6
8　雷达数据处理技术要求 7
8.1　工作内容 7
8.2　数据处理 7
8.3　精度评估 7
8.4　质量控制 8
8.5　综合分析 9
9　隐患识别技术要求 9

9.1 隐患识别任务 9
9.2 数据预处理 9
9.3 孕灾背景分析 9
9.4 潜在地质灾害隐患点识别 10
9.5 核证查验 11
9.6 综合分析 12
9.7 预警提示 12
10 成果编制与归档 12
10.1 成果报告与图件 12
10.2 归档要求 12
附录 A（资料性附录） 公式参考 14
附录 B（资料性附录） 典型地质灾害遥感影像特征 15
附录 C（规范性附录） 潜在隐患点解译表 18
附录 D（规范性附录） 野外调查表 19
附录 E（资料性附录） 项目设计书提纲 21
附录 F（资料性附录） 项目成果报告提纲 22

前　言

本技术要求按照 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》起草。

本技术要求由湖北省自然资源厅提出和归口管理。

本技术要求起草单位：湖北省地质环境总站。

本技术要求由湖北省自然资源厅负责解释。

引　言

为推进湖北省地质灾害综合防治体系建设工作，健全和完善湖北省地质灾害区域遥感监测预警体系，全面提升地质灾害隐患排查和风险识别能力，利用综合遥感技术，建立形变监测－隐患识别－核证查验的系统化工作流程，为湖北省地质灾害遥感监测和防治工作提供技术支撑。为满足地质灾害区域遥感监测工作需求，针对地质灾害遥感调查的内容、程序、方法及要求等，制定本技术要求。

1 适用范围

本技术要求规定了湖北省地质灾害区域遥感监测和隐患识别的工作程序、内容、技术方法和精度要求，以及成果编制与归档等要求。

本技术要求适用于湖北省地质灾害综合防治体系建设项目和湖北省内滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害的早期识别和区域性监测。

本技术要求仅对湖北省地质灾害区域遥感监测和隐患识别工作提出，在实施过程中应符合国家现行有关标准。

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 32453－2015 卫星对地观测数据产品分类分级规则

GB/T－18314 全球定位系统（GPS）测量规范

CH/T 8024－2011 机载激光雷达数据获取技术规范

DZ/T 0221－2006 崩塌、滑坡、泥石流监测规范

DZ/T 0261－2014 滑坡崩塌泥石流调查技术规范（1:5 万）

DZ/T 0283－2015 地面沉降调查与监测规范

DZ/T 0151－2015 区域地质调查中遥感技术规定（1:50 000）

DZ/T 0190－2015 区域环境地质勘查遥感技术规定（1:50 000）

DZ/T 0296－2016 地质环境遥感监测技术要求（1:250 000）

DD 2011－01 遥感影像地图制作规范

DD 2011－03 遥感地质解译方法指南（1:50 000、1:25 000）

DD 2012－01 滑坡监测技术规范

DD 2012－03 1:50 000 岩溶塌陷调查规范

DD 2015－01 地质灾害遥感调查技术规定

DD 2015－08 地裂缝调查规范

T/CAGHP 013－2018 地质灾害 InSAR 监测技术指南（试行）

GDEILB 007－2014 无人机数字航空摄影测量与遥感外业技术规范

3 术语与缩略语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语

3.1.1

地质灾害（地质灾害隐患） geological hazard

自然因素或者人为活动引发的危害人民生命和财产安全的山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等与地质作用有关的灾害。

3.1.2

孕灾背景 geological background for geohazard

地质灾害形成和发育的地质环境背景，包括地形地貌、地层岩性、地质构造等。

3.1.3

合成孔径雷达干涉测量 interferometric synthetic aperture radar

对同一地区不同期次 SAR 数据中的相位信息进行干涉计算的技术，本要求中特指利用 SAR 数据提取地质灾害体形变的技术，包括差分合成孔径雷达干涉测量(D-InSAR)、时序合成孔径雷达干涉测量（Time Series InSAR）、短基线集干涉测量(SBAS-InSAR)和永久散射体干涉测量(PS-InSAR)等。

3.1.4

差分合成孔径雷达干涉测量 differential InSAR

对干涉相位进行差分处理，包括去除地形、平地和基线等相位分量以获取变形信息的干涉测量方法。

3.1.5

时序合成孔径雷达干涉测量 time series InSAR

通过时间序列的 InSAR 分析，去除或削弱大气、地形、轨道、高程误差，获取高精度时间序列地表变形信息的 InSAR 数据处理方法。典型方法有 PS-InSAR 和 SBAS-InSAR 等。

3.1.6

永久散射体合成孔径雷达干涉测量 persistent scatterer InSAR

对时间序列 SAR 影像集中的永久散射体进行时间和空间域变形量计算，以提取高精度时序变形信息的干涉测量方法。

3.1.7

短基线集合成孔径雷达干涉测量 small baseline subsets InSAR

利用时间和空间基线均小于给定阈值的干涉像对构成多个差分干涉图集，对相干像元的差分相位序列进行时序分析，以获取相干像元变形量时序的干涉测量方法。

3.1.8

合成孔径雷达数据偏移变形测量 offset-SAR

通过不同 SAR 图像间的配准偏差提取影像间隔期内地表变形的方法。

3.1.9

堆叠干涉测量 stacking-InSAR

利用多景解缠后的 D-InSAR 结果进行堆积叠加计算变形的方法。

3.1.10

重复轨道数据 repeat pass data

卫星在不同时刻、重复轨道条件下对同一地区进行监测获取的 SAR 数据。

3.1.11

角反射器 corner reflector

能将雷达入射信号沿原路径反射回去，并在 SAR 图像上形成高强度信号的人工装置。

3.2 缩略语

TS-InSAR 时序合成孔径雷达干涉测量（Time Series InSAR）

D-InSAR 差分合成孔径雷达干涉测量（Differential InSAR）

PS-InSAR 永久散射体合成孔径雷达干涉测量（Persistent Scatterer InSAR）

SBAS-InSAR 短基线集合成孔径雷达干涉测量（Small Baseline Subsets InSAR）

IPTA-InSAR 相干点目标分析干涉测量（Interferometric Point Target Analysis InSAR）

CR 角反射器（Corner Reflector）

CR-InSAR 采用了角反射器的合成孔径雷达干涉测量（Corner Reflector InSAR）

DEM 数字高程模型（Digital Elevation Model）

4 总则

为统一湖北省地质灾害区域遥感监测和隐患识别技术标准，提高对灾害进行综合遥感监测和隐患识别的技术水平，规范全省区域遥感监测项目实施，依据“点面结合”、“空天地一体化”等原则，利用综合遥感技术开展相关工作，特制定本技术要求。

4.1 目的

通过光学影像解译、干涉雷达测量和激光雷达测量等综合遥感技术，掌握湖北省内已知地质灾害隐患形变情况，查找发现未知隐患，建立形变监测－隐患识别－核证查验的系统化工作流程，为湖北省地质灾害区域遥感监测和防治工作提供技术支撑。

4.2 任务

4.2.1 采用 InSAR 技术进行地表形变分析，结合地面监测手段，获取工作区内已知地质灾害点形变信息。

4.2.2 利用光学遥感影像对工作区进行孕灾背景分析，结合地表形变监测结果对工作区内未知地质灾害隐患进行识别，并对识别结果进行核证查验。

4.2.3 编制成果报告，完成资料归档。

4.3 内容

4.3.1 收集和整理工作区基础地理、地质、灾害数据，结合光学遥感完成工作区地质灾害孕灾背景分析。

4.3.2 采用 InSAR 技术完成工作区地表形变分析，结合湖北省地质灾害防治体系中已开展的地面监测手段，获得工作区内已知地质灾害点形变情况，同时对 InSAR 技术计算地表形变结果进行精度分析；整理已知地质灾害点相关形变图件和成果报告。

4.3.3 利用光学遥感影像，通过人机交互解译、机器学习等方法开展工作区孕灾背景分析，结合地表

形变监测结果对工作区内未知地质灾害隐患进行识别，综合分析新增隐患点的情况并编制相关成果图件。

4.3.4　对识别出的地质灾害隐患点进行现场核证查验，可采取无人机、激光雷达等多种手段开展工作。

4.3.5　编制地质灾害遥感监测和隐患点识别成果报告并提出相关建议，完成资料归档。

5　基本规定

5.1　地质灾害区域遥感监测与隐患识别的作业流程包括：工作设计、数据获取、雷达数据处理、隐患识别、现场核查与预警、成果编制与归档，如图 1 所示。

5.2　地质灾害遥感隐患识别与监测选择相应比例尺标准图幅或者自由分幅进行，分幅比例尺根据监测精度确定。

5.3　应根据工作区域形变特点和任务要求，选择地质灾害遥感隐患识别与监测数据处理方法。

5.4　通过时序 InSAR 处理生成形变速率图，并转换为累计形变量图、时间序列形变量图和相关形变统计表格等成果资料。

5.5　监测结果与其它高精度专业监测数据对比验证以评价其精度。

5.6　监测成果采用 CGCS2000 大地坐标系。

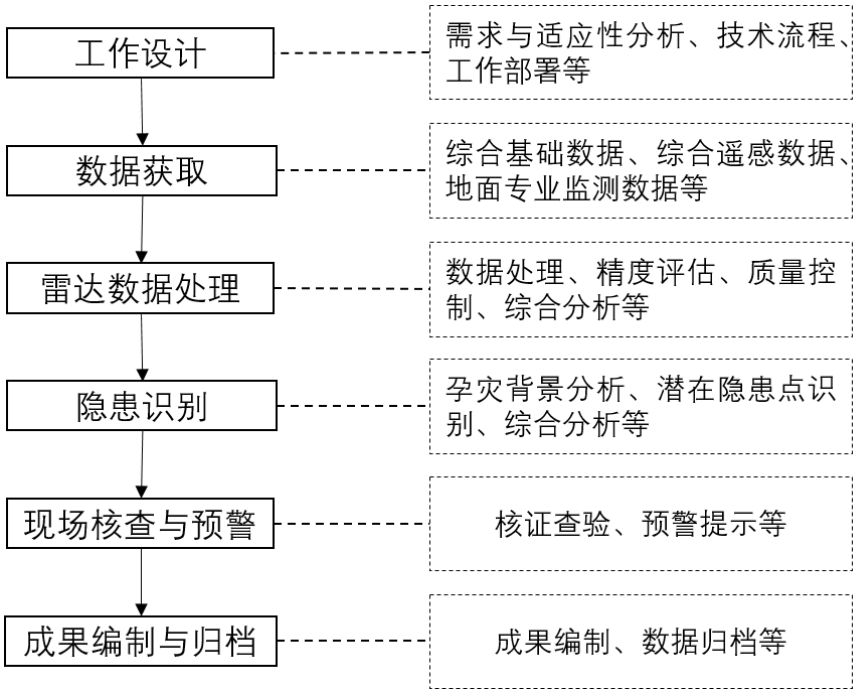


图 1　地质灾害区域遥感监测与隐患识别工作流程

6　工作设计

6.1　需求分析

应根据地质条件及遥感数据源，在工作之初明确地质灾害遥感监测拟获取的形变信息、精度要求、成果的表达形式、最终要解决的问题和适应性分析的结果等，使其与工作目标、数据条件和成本相匹配。

6.2　数据获取

6.2.1　应收集工作区地层岩性、地质构造、地形地貌、新构造运动、水文地质、地震等基础地质资料。

6.2.2　应收集工作区地质灾害调查和地面专业监测成果资料，工作区及周边的降水、人类工程活动情况等资料。

6.2.3　应收集工作区 SAR 数据存档信息，工作区在轨 SAR 数据参数、在轨状况和编程定制规则，工作区光学遥感图像，工作区域数字地形图和 DEM。

6.3　雷达数据处理

应根据工作区实际情况选择合适的时序 InSAR 处理方法获得工作区地表形变监测结果，并对其进行精度分析。

6.4　隐患识别

应根据所收集基础资料和光学遥感数据对工作区进行地质灾害孕灾背景分析和遥感解译工作，同时对地表形变监测结果进行筛选，综合分析获得潜在地质灾害隐患点，并对获得的地质灾害隐患点进行核证查验，可采用无人机、激光雷达等技术手段。

6.5　成果编制与归档

依据项目需求和数据处理结果完成成果编制，成果报告应包含项目工作设计书和项目成果报告，成果图件应包含地表形变速率图、隐患识别专题图；按照项目要求及其他相关规定，完成项目资料、成果和数据的归档工作。

6.6　工作设计书编写与审查

6.6.1　开展地质灾害区域遥感监测预警之前，应编制独立的工作设计书。设计书相关内容见附件 E。

6.6.2　设计书应做到工作部署合理、技术方法先进可行、经费预算正确、组织管理和质量保障措施有力。设计书应经主管部门审查批准后实施。工作过程中，因情况变化而确需修改设计书时，应及时编写补充设计，报请原审批单位批准。

7　数据获取

7.1　基础资料

在工作区已有工作基础上进行资料搜集，包括：工作区已有地质灾害遥感监测资料、地面专业监测数据等成果资料；工作区数字地形图和 DEM、工作区地层岩性、地质构造、地形地貌、新构造运动、水文地质、地震等综合基础资料；工作区气候、降雨、气温、河流、水系等气象和水文资料；工作区矿山开采、道路桥梁等人类工程活动资料。

7.2　雷达遥感数据

7.2.1　SAR 数据选取基本要求

应根据监测目的和监测对象特点，结合工作区 SAR 数据接收情况，获取存档数据、工作周期内的编程数据。

SAR 数据选择具体考虑的因素有：灾害体形变量值、位移方向、地表变化、植被覆盖、地形坡度、空间范围、时序特征以及所需监测精度、监测时间长度和监测模式等。

应根据工作区内最大形变量和形变梯度公式换算工作区内所需 SAR 数据的数量、数据幅宽、波长、重访周期、分辨率、成像模式（聚束、条带、扫描）等参数。

当区内最大形变量超过理论最大形变梯度时，考虑更换数据类型，可采用增大雷达波长、缩短重访周期、增加像元空间分辨率等方式。

当预订顺轨方向同一期的 SAR 数据 2 景及以上时，宜选择长条带数据；如果按照单景定制，同期相邻两景影像重叠度应超过 15%影像长度，跨轨数据相邻两景影像间重叠度应超过 15%影像幅宽。

生成优于 10 mm 监测精度成果，SAR 数据量宜不少于 8 景/年；生成非线性形变监测成果，数据量宜不少于 16 景/年。

以 1:1 万比例尺图件表达 InSAR 形变成果宜采用分辨率 1-10 m 的 SAR 数据，以 1:5 万比例尺图件表达 InSAR 形变成果宜采用分辨率 20 m 的 SAR 数据。

应根据工作区实际情况选择数据波段，植被覆盖较少区域可选择 C 波段数据（波长范围 37.5-75 mm），植被覆盖茂盛区域可选择 L 波段数据（波长范围 150-300 mm）。

雷达波入射角应尽量选择雷达视线向与最大位移方向夹角最小的数据，以避免山体阴影、叠掩、透视收缩等成像扭曲现象。

7.2.2 辅助数据选择

进行数据处理前，应选择适当的辅助数据，主要包括 InSAR 数据处理所需要的 DEM、成果底图、部分 SAR 卫星精密轨道。

DEM 数据应满足以下要求：

a) 宜选择分辨率优于 SAR 影像分辨率的 DEM 数据，在不能获取高分辨率 DEM 的地区可使用 SRTM DEM 等中低分辨率数据。

b) DEM 数据在空间上应保持一致，无跳变和空洞，如发生质量问题，当面积不超过 20%时宜用其他数据补充，当面积超过 20%时宜更换数据。

c) 选用的 DEM 比例尺应不低于 InSAR 监测成果比例尺。

d) DEM 数据的现势性应与 SAR 数据时相接近。

可将地形图中高程点和等高线转换成 DEM 数据用于 InSAR 处理，其平面精度和高程精度换算关系参考《地面沉降 InSAR 监测规范》（DD 2014－11）。

成果底图数据可选用 SAR 强度数据、光学遥感影像、地形图、DEM 晕渲图等数据的一种或几种，应满足：

a) 首选 SAR 强度影像作为中等比例尺成果底图，以不小于 1:10 万比例尺表达成果时宜选用高分辨率的光学遥感影像作为底图。

b) 光学影像数据宜选用云层覆盖量小于 5%，且辐射校正后的数据。

7.3 光学遥感数据

应搜集覆盖工作区的质量良好的多时相光学遥感数据，应进行系统几何校正，云量应小于 5%，且应尽量与 SAR 影像时相保持一致。影像分辨率应能满足相应制图比例尺的制图要求。

建议下载 L2_2/L2_3 级产品数据，即经过辐射校正和系统几何校正的数据。

8 雷达数据处理技术要求

8.1 工作内容

应分析地质灾害特征和监测条件，比较各种 InSAR 形变监测方法的优缺点，充分了解 InSAR 技术对拟监测对象的适用性，提出采用 InSAR 技术的依据。

地质灾害 InSAR 监测主要任务如下：

a) 地质灾害 InSAR 监测包含 SAR 数据覆盖范围内具有缓慢形变要素的多种地质灾害综合识别。

b) 工作目的设定的地质灾害时空形变信息获取。

c) 形变监测结果精度评价及质量控制。

d) 监测结果综合验证。

e) 地质灾害发育规律和灾害体发育趋势分析。

8.2 数据处理

数据处理流程主要可包括影像配准、影像滤波、干涉图生成、干涉去平地效应、相位解缠、差分干涉计算、地理编码等。

应充分利用 SAR 数据源，综合运用 Offset-SAR、D-InSAR、SBAS-InSAR、PS-InSAR 及其他 TS-InSAR 方法进行监测，尽可能保证米级、分米级、厘米级、毫米级等各尺度形变的连续覆盖。具体的技术要求参照规范 T/CAGHP 013－2018。

InSAR 数据处理方法适用的精度条件如下：

a) 强度图像可视化 SAR 数据处理用于目视分析地质背景、预估相干性。

b) Offset-SAR 方法识别明显形变，可监测形变速率一般可达 1 m/a 及以上。

c) Stacking-InSAR 观测组合识别大形变，可监测形变速率一般为 1 cm/a～1 m/a。

d) SBAS-InSAR 数据监测较大形变，可监测形变速率一般为 1 cm/a～1 dm/a。

e) PS-InSAR 监测长期微小线性形变和非线性形变，可监测形变速率一般为 1 mm/a～1 dm/a。

干涉雷达数据处理过程中应符合下列规定：

a) 有精密轨道的卫星数据应使用精密轨道数据。

b) D-InSAR 与 TS-InSAR 应进行轨道趋势误差去除。

c) 具有与卫星同步拍摄的大气数据，宜去除大气延迟误差。

d) 相邻两轨 InSAR 观测应在重叠区选择同一参考基点，在重叠区内二者形变量相关系数应根据工作区环境设置，植被覆盖较少、地表稳定点较多的区域相关系数宜大于 0.9，植被覆盖茂密、地表稳定点较少的区域相关系数宜大于 0.6。

e) InSAR 数据处理结果应进行地理编码，以便于结果质量评价和地质分析。

建议在部分观测效果较差区域安装角反射器，其安装要求参照规范 T/CAGHP 013－2018。

8.3 精度评估

对于InSAR技术处理获得的地表形变监测结果应进行精度评价，可分为内符合评估和外符合评估。内符合评估即采取统计学方法进行精度评价，外符合评估即将 InSAR 处理结果与地面专业监测结果进行对比分析，综合二者评估结果，调整和完善处理过程中参数设置，以提高处理结果精度。

8.3.1 内符合评估

数据处理结果精度的内符合评估宜采取以下方式：

a) 形变量或形变速率直方图。

b) 空间分布状态。

c) 空间离群值查找。

d) 半变异函数/协方差分析。

e) 年形变速率的中误差大小。

f) 将不同 SAR 数据、不同处理方法的结果投影到同一方向进行交叉检验。

8.3.2 外符合评估

数据处理结果精度的外符合评估宜采取以下方式：

a) 与 GNSS、水准、全站仪等地表监测结果比较，地表监测标准应符合《工程测量规范》（GH50026－2007）、《崩塌、滑坡、泥石流监测规范》（DZ/T 0221－2006）和《滑坡监测技术规范》（DD 2012－01）。

b) 光学遥感影像解译的宏观形变破坏特征对比分析，解译标准应符合《地质灾害遥感调查技术规定》（DD 2015－01）。

8.4 质量控制

8.4.1 质量过程控制

质量控制应贯穿地质灾害 InSAR 监测工作全过程，包括下列内容：

a) 地质灾害区域遥感监测预警方案设计审查。

b) 数据处理过程文件汇交备查。

c) 数据处理结果精度评估。

d) 地质分析结果野外抽查。

e) 地质灾害区域遥感监测预警成果评审。

8.4.2 数据处理质量控制

在 InSAR 数据处理过程中应保存重要过程参数和过程文件，以便进行后续质量控制。

应建立质量控制文件，记录软件模块、版本及相应处理过程的命令参数或脚本程序源代码。文件的命名包括工作区、数据类型、数据量、处理方法、处理时间（年月日）和处理者等主要信息。

质量控制文件应保存 SAR 数据参数、干涉像对的匹配及其时空基线、单视复数图像纠正多项式参数和标准差、DEM 转到 SAR 坐标系统下的纠正多项式参数和标准差、轨道误差、大气误差、高程误差等重要参数指标。

存储重要步骤的图形文件，应包括通用文件、各 InSAR 处理方法过程图件等。

8.5 综合分析

8.5.1 区域地质灾害及单个灾害体 InSAR 监测结果应与地质调查、测绘和勘查成果对比分析，对 InSAR 监测的形变结果进行可靠性验证。

8.5.2 应根据地质灾害的位置、规模、影响因素、灾害前兆、灾害区的工程地质和水文地质条件以及稳定性验算结果等综合判定，并结合 InSAR 监测获得的形变量、形变方向等形变信息，分析其发展趋势和危害程度。

8.5.3 综合分析的要素宜包括区域地质灾害的发育分布、活动构造、地层岩性、地形坡度和坡向、浅表层地下水分布和开采情况、工程活动等。

8.5.4 综合分析方法宜采用彩色渲染、动态显示、空间分析、剖面线分析、等值线分析、形变面积统计等技术。

8.5.5 监测结果分析过程中应注意：InSAR 位移速率主要反映垂直形变及部分近东西向形变，对南北向形变不敏感；大气延迟与轨道误差导致的趋势性形变误差，勿与构造形变误差混淆。

9 隐患识别技术要求

涉及 InSAR 形变监测的技术要求具体内容见第 8 章。

9.1 隐患识别任务

地质灾害隐患识别是以光学遥感影像、基础地质资料、历史灾害信息等数据源，结合 InSAR 形变监测结果，分析确定地质灾害的类型、规模、范围、发展阶段等信息，以达到识别潜在地质灾害的目的。

地质灾害隐患识别的主要任务如下：

a) 应尽可能完备的收集和工作区地质灾害相关的各类资料。

b) 建立地质灾害评价指标库。

c) 潜在地质灾害隐患点识别。

d) 地质灾害发育规律和灾害体稳定性分析。

9.2 数据预处理

遥感数据的预处理应遵循以下原则：

a) 用于提取 NDVI、NDWI、NDBI 等指标的多光谱遥感影像应进行大气校正。

b) 全色影像符合制图精度要求，而多光谱影像不符合时，可进行影像融合。

c) 相邻影像之间应进行严格配准，误差应小于 1 个像素。

d) 所有影像应统一转换为 CGCS2000 坐标系统。

非遥感数据预处理应遵循以下原则：

a) 文本、表格、纸质资料，应尽可能的信息化，形成以 CGCS2000 为坐标基准的可进行空间分析的地理图层。

b) 非遥感数据应尽可能覆盖工作区。

9.3 孕灾背景分析

9.3.1　解译方法

孕灾地质背景解译，若前期基础地质工作程度较高，应充分利用已有的资料，对孕灾地质背景进行必要的补充、修正；如果基础地质工作程度较低、无相关孕灾背景资料，则应开展较为详细的孕灾地质背景解译。具体方法参见 DD 2011－03。

9.3.2　解译内容

a)　地形地貌

1)　各种地形地貌的形态、成因类型及地貌分区界线。

2)　微地貌的个体特征、组合特征。

b)　地质构造

1)　断层的位置、长度和延伸方向。

2)　褶皱的类型、规模、长度及延伸方向。

3)　破碎带的性质、分布。

c)　地层岩性

参照已有地质资料，确定地层、岩性类别及岩层产状。

d)　土地利用

森林植被、地表水体、耕地、荒坡地、城镇、交通等用地类型和分布现状。

e)　人类工程活动

工程切坡、水库库岸、露天采矿场、尾矿库、固体废物堆场等分布，及其稳定性。

9.3.3　解译要求

影像图上图斑面积大于 4 mm^2 的孕灾地质体，长度大于 2 cm 的形变线状地质体均应解译出来。

9.4　潜在地质灾害隐患点识别

在建立地质灾害易发性评价模型和 InSAR 地表形变监测结果的基础上，利用光学遥感数据进行人机交互解译，对工作区内潜在地质灾害进行初步识别，将三者结果进行相互验证并调整，以提高结果准确性。

对 InSAR 地表形变监测结果进行筛选，确定形变范围较大的区域，可以采用核密度分析法等手段对地表形变区域进行分析，剔除单个形变干扰点。根据地质灾害发育条件，结合基础地质资料、光学遥感解译结果对地表形变严重区域进行综合分析，以确定潜在地质灾害隐患点。

建议采用时序光学遥感影像进行分析，有利于排除非地质灾害引起的形变干扰点。

9.4.1　地质灾害解译方法

地质灾害解译，应以计算机为主要工作平台，结合孕灾地质背景资料，采用二维与三维相结合的方式，在原始分辨率影像上人机交互进行。各典型地质灾害遥感解译特征参见附录 B。

9.4.1.1　滑坡

a)　滑坡体所处位置、地貌部位、前后缘高程、沟谷发育状况、植被发育状况等。

b)　滑坡体的范围、形态、坡度、总体滑动方向，滑坡与重要建筑物的关系及影响程度等。

9.4.1.2　崩塌

a)　崩塌所处位置、形态、分布高程。

b)　崩塌堆积体的面积、坡度、崩塌方向、崩塌堆积体植被类型。

9.4.1.3　泥石流

a)　泥石流流域的边界、面积、形态、主沟长度、主沟纵降比、坡度。

b)　物源区的水体分布、集水面积、地形坡度、岩层性质，区内植被覆盖程度、植物类别及分布状况，断裂、滑坡、崩塌、松散堆积物等不良地质现象，可能形成泥石流固体物质的分布范围。

c)　流通区沟床的纵横坡度和冲淤变化以及泥石流痕迹，阻塞地段堆积类型，以及跌水、急弯、卡口情况等。

d)　堆积区堆积物的分布范围，性质、堆积面积，堆积扇坡降、土地覆盖。

9.4.1.4　地面塌陷

a)　地面塌陷的位置、形状、范围。

b)　塌陷对地面设施的破坏程度和造成的成灾范围。

9.4.1.5　潜在威胁对象

a)　受威胁的居民点、城镇、水电站、公路、河流等基础设施。

b)　受威胁的自然资源状况，包括耕地、园地、林地等。

9.4.2　地质灾害解译要求

9.4.2.1　解译出的地质灾害，崩塌、滑坡、泥石流的最小上图精度为 4 mm^2，地面塌陷为 2 mm^2。图上面积大于最小上图精度的，应勾绘出其范围和边界，小于最小上图精度的用规定的符号表示。

9.4.2.2　定位时，滑坡点定在滑坡后缘中部，崩塌点定在崩塌发生的前沿，泥石流点定在堆积扇扇顶，地面塌陷定在形变区中部。

9.4.2.3　地质灾害遥感应急调查时应遵循以下规定：

a)　以房屋建筑、公路桥梁损坏、堰塞湖等灾情为主要解译对象，重点关注河流、公路、城镇、居民点、水电站等基础设施分布地区。

b)　地质灾害的解译内容为识别地质灾害体、确定其类型、位置、边界及规模，并在可能的情况下，分析其潜在危害。

c)　在应急调查阶段，除坡面泥石流外，只解译各类灾害体的堆积体，并用规定的符号表达在灾害体上，分为特大、大、中和小型灾害体来说明其规模。

9.5　核证查验

可将识别出的地质灾害隐患点与各地已有地质灾害隐患库对比，判断是否属于已有隐患，或是经过治理销号的灾害；对识别出的新隐患点进行实地调查，以了解其实际情况，如地质条件、威胁对象，发展变化趋势等，并对其进行初步分类，包括隐患类型与范围、实地变形特征等，对比分析评估灾害识别精度。

验证方式主要采取现场调查核验等形式，对于人员到达困难地区，辅以无人机、激光雷达等手段观

测验证。有关无人机、激光雷达操作详见规范 GDEILB 007－2014、CH/T 8024－2011。

野外调查表见附录 D。

9.6 综合分析

9.6.1 地质灾害易发性评价结果应与 InSAR 形变监测结果对比分析，进行相互验证。

9.6.2 应叠加基础地质数据，在易发性评价分区图上圈定灾害的位置、规模，分析其主要控制因素和影响因素，推断其发展趋势和危害程度。

9.6.3 综合分析的要素宜包括区域地质灾害的发育分布、活动构造、地层岩性、地形坡度和坡向、浅表层地下水分布和开采情况、工程活动等。对于识别的隐患点结合遥感解译结果应填写潜在隐患点解译表，格式详见附录 C。

9.6.4 通过分析地质灾害隐患点的稳定性、危害性，对其划定危险区，提出搬迁避让、监测预警、工程治理等防治建议。

9.7 预警提示

由于综合遥感技术具有监测时序周期较长的特点，故仅针对出现短期内显著变形或者三至六个月内变形趋势明显加剧的潜在隐患点进行预警工作提示，组织人员进行现场核查

10 成果编制与归档

10.1 成果报告与图件

湖北省区域性地质灾害遥感监测和隐患识别的成果应包含以下报告：

a) 项目工作设计书。

b) 项目成果报告。

c) 季报和年报。

地质灾害遥感监测与隐患识别的项目工作设计书提纲详见附录 E，项目成果报告提纲详见附录 F。

季报年报中应包含工作区已知地质灾害点和未知隐患点的形变情况以及相关说明。

湖北省区域性地质灾害遥感监测和隐患识别的成果应包含以下图件：

a) 地表形变速率图。可选择附加地表形变累计形变量图、地表形变等值线图和地表形变时间序列图等。

b) 隐患识别专题图。

按资料管理的有关规定及时完成已验收资料的归档工作。

10.2 归档要求

10.2.1 归档文件包括纸质文件、电子文件、信息化成果文件，归档资料应完整、齐全，内容必须真实、准确。

10.2.2 归档资料主要包括：项目设计书、识别监测报表（季、年报）、专家会商意见；项目实施验收相关文件资料；项目资金相关文件等。

10.2.3 源电子文档、存档电子文档、信息化成果电子文档应分门别类进行整理归档，统一上传至湖北

省地质环境综合信息平台。

10.2.4　对于遥感影像数据应根据数据类型，分别对光学遥感数据和雷达遥感数据进行数据存档，存档内容应包括原始影像数据、重要处理过程数据及其参数设置、处理结果数据等。

附 录 A
（资料性附录）
公式参考

A.1 中误差

假设精密水准测量结果为真值，InSAR 测量形变量为观测值，以水准观测值与 InSAR 测量值互差中误差的无偏估计为指标，检验 InSAR 测量精度。中误差计算公式为：

$$m_0 = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(dI_i - dL_i\right)^2}{n-1}}$$

式中：n 为样本数，dL_i 和 dI_i 分别为样本点 i 对应的水准观测量和 InSAR 观测值。

A.2 相关系数

利用相关系数检验 InSAR 与水准测量结果的相关程度。相关系数的计算公式为：

$$\rho = \frac{n\sum_{i=1}^{n} dL_i dI_i - \sum_{i=1}^{n} dL_i \sum_{i=1}^{n} dI_i}{\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} dL_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} dL_i\right)^2 \left(\sum_{i=1}^{n} dI_i\right)^2}}$$

式中：n 为样本数，dL_i 和 dI_i 分别为样本点对应的水准观测量和 InSAR 观测值。

附 录 B
（资料性附录）
典型地质灾害遥感影像特征

B.1 滑坡

B.1.1 基本影像特征

滑坡的基本影像特征如下：

a) 呈簸箕形、舌形、梨形等平面形态及不规则等坡面形态，规模较大的可见到滑坡壁、滑坡台阶、滑坡鼓丘、封闭洼地、滑坡舌、滑坡裂缝等微地貌形态。

b) 常表现为连续的地貌形态突然被破坏，由陡坡和缓坡两种地貌单元组成，坡体下方由于土体挤压，有时可见到高低不平的地貌，缓坡部分深冲沟发育，地形破碎。

c) 滑坡多在峡谷中的缓坡、分水岭的阴坡、侵蚀基准面急剧变化的主沟与支沟交会处及其沟头等处发育。

B.1.2 古滑坡影像特征

古滑坡的影像特征如下：

a) 滑坡后壁一般较高，坡体纵坡较缓，有时生长树木。

b) 滑体规模一般较大，表面平整，土体密实，无明显的沉陷不均现象，无明显裂缝，滑坡台阶宽大且已夷平。

c) 滑体上冲沟发育，这些冲沟系沿古滑坡的裂缝或洼地发育起来的。

d) 滑坡两侧自然沟割切较深，有时出现双沟同源。

e) 滑坡前缘斜坡较缓，长满树木，滑体无松散坍塌现象，前缘迎河部分有时出现大孤石。

f) 滑坡舌已远离河道，有些舌部处已有不大的漫滩阶地。

g) 滑坡体上多辟为耕地，甚至有居民点、寺庙、电线杆等分布。

h) 斜坡上部分坡体较周围地形平缓，但其可与侵蚀平台、阶地等区分。

i) 部分缓坡后及两侧有陡壁及侧壁，大部分没有。

j) 局部平缓斜坡有明显的界线与周围分割，这些界线可以是沟谷、陡坡下的突变缓坡等。

k) 缓坡后部，后壁下，常有凹陷地带，有时有积水，或成为湖。

l) 斜坡上局部存在平缓斜坡，但其上没有深沟，也没有明显的坚硬基岩形态（与稳定斜坡处的基岩对比）。

B.1.3 活动滑坡影像特征

活动滑坡影像特征如下：

a) 滑坡体地形破碎，起伏不平，斜坡表面有不均匀陷落的局部平台。

b) 斜坡较陡长，虽有滑坡平台，但面积不大，有向下缓倾的现象。

c) 有时可见到滑坡体上的裂缝，特别是粘土滑坡和黄土滑坡，地表裂缝明显，裂口大。

d) 滑坡体地表湿地、泉水发育，呈斑状或点状深色调。

e) 滑坡体上无巨大直立树木，可见小树木或醉林，且有新生冲沟，沟床窄而深。

f) 滑坡体前沿有地下水渗出线或泉水点。

B.2 崩塌

B.2.1 崩塌堆积体影像特征

崩塌堆积体影像特征如下：

a) 发育在悬崖、陡壁或呈参差不齐的岩块处。

b) 高分辨率影像山可见悬崖、陡壁下有巨大岩块者则为堆积体，有时可见巨石形成的阴影，呈粒状；有时落石滚落在距坡脚较远处。

c) 崩塌体堆积在谷底或斜坡平缓地段，表面坎坷不平，影像具粗糙感。

d) 崩塌体上部外围有时可见到张节理形成的裂缝影像。

B.2.2 危岩体影像特征

危岩体影像特征如下：

a) 位于陡峻的山坡地段，其纵断面形态上陡下缓。

b) 危岩体上部外围有时可见到张节理形成的裂缝。

c) 有时巨大的崩塌体堵塞了河谷，在崩塌体上游形成堰塞湖，崩塌体处形成带有瀑布的峡谷。

B.3 泥石流

泥石流影像特征如下：

a) 标准型泥石流沟可清楚地看到物源区、流通区和堆积区三个区。

b) 物源区山坡陡峻，岩石风化严重，松散固体物质丰富，常有滑坡、崩塌发育。

c) 流通区一般为泥石流沟的沟床，呈直线或曲线条带状，纵坡较物源区地段缓，但较堆积区地段陡。

d) 堆积区位于沟谷出口处，纵坡平缓，成扇状，呈浅色色调，扇面上可见固定沟槽或漫流状沟槽，还可见到导流堤等人工建筑物。

e) 泥石流堆积扇与一般河流冲洪积扇的主要区别是，前者有较大的堆积扇纵坡，一般为 5°～9°，部分达 9°～12°，后者一般在 1°～4°间。

B.4 地面塌陷

B.4.1 岩溶塌陷影像特征

岩溶塌陷影像特征如下：

a) 岩溶地区特有的地貌，常与溶蚀洼地、坡立谷、盲谷、孤峰等伴生，在高分辨率影像上极易辨认。

b) 岩溶塌陷常表现为地表漏斗，往往成群出现，呈串珠展布。在影像上呈圆形、椭圆形或不规则圆形的洼地，上大下小，底部呈深色色调，但常被第四系沉积物充填而呈浅色色调。

c) 岩溶塌陷附近长满了灌丛、灌草，中间凹陷处往往生长蓼科植物，与周围耕地特征

差异明显。

B.4.2 采空塌陷影像特征

采空塌陷影像特征如下：

a) 当采空区影响到达地表以后，在采空区上方常形成地表塌陷，多伴生地裂缝。规模较大的采空塌陷表现为宽 1-2 m，长数十米至上百米的不规则封闭、半封闭的环形带或条带，其边缘常伴生地裂缝，裂缝两侧地表出现一定高差。在环形带的上方图色调较亮，下方色调较暗。

b) 平原地区，因地下水位埋藏较浅，采空塌陷区多常年积水或季节性积水。

c) 规模较小的塌陷坑多呈独立的环形或椭圆形斑点、斑块状，独立个体成群分布，色调明暗不同。由于塌陷坑是有一定深度的负地形，在阴影作用下，立体效果明显。

d) 山区采空塌陷坑，一般没有与其连接的道路，是区别于其他采矿活动的重要特征。

附 录 C
（规范性附录）
潜在隐患点解译表

表 C.1 潜在隐患点解译表

<table>
<tr><td colspan="2">室内解译编号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">隐患类型</td><td colspan="3">□滑坡 □崩塌 □泥石流 □地面塌陷</td></tr>
<tr><td colspan="2">附近地名</td><td></td><td>所在镇</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">坐标</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">地质构造</td><td></td><td>地层岩性</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">平面规模/m^2</td><td></td><td>土地利用类型</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">最大形变量</td><td></td><td>危险程度</td><td></td></tr>
<tr><td>遥感影像图</td><td colspan="2"></td><td>形变图</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">遥感影像特征</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">遥感解译人</td><td></td><td>解译时间</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">备注</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

附 录 D
（规范性附录）
野外调查表

表 D.1 野外调查表

<table>
<tr><td colspan="2">室内解译编号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">室内解译灾害类型</td><td colspan="3">□滑坡 □崩塌 □泥石流 □地面塌陷</td></tr>
<tr><td colspan="2">附近地名</td><td></td><td>所在镇</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">坐标</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>野外验证图</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">野外编号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">野外坐标</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">野外解译灾害类型</td><td colspan="3">□滑坡 □崩塌 □泥石流 □地面塌陷</td></tr>
<tr><td colspan="2">野外验证现场描述</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">威胁对象</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">大致威胁范围</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

表 D.1（续）

威胁对象现场图片			
野外验证人		验证时间	
备注			

附　录　E
（资料性附录）
项目设计书提纲

第一章　前言

项目概况（来源、意义、编制依据与要求）、以往工作程度分析与评述、工作区范围、本次工作概况。

第二章　地质背景

地形地貌与地表覆盖物、区域地层岩性、活动构造和地震、人类生产生活情况等。

第三章　技术方法

技术背景、总体技术路线、项目中所涉及的各类技术方法介绍等。遥感数据选择及数据处理方法、地表形变监测数据精度要求与质量控制措施、地表形变监测结果验证方式和方法、潜在地质灾害隐患点识别方法和核证查验、潜在地质灾害隐患点预警。

第四章　工作部署

第一节　工作部署原则

第二节　工作部署及工作方法

包括数据准备与整理、监测与隐患点识别、野外核验和编制提交报告等。

第三节　工作计划及人员安排

包括时间进度、人员各具体工作等。

第四节　主要实物工作量

第五章　预算

第一节　编制依据

第二节　项目预算说明

第六章　保障措施

包括组织管理措施、项目质量管理制度、项目风险管理措施、安全及劳动保障措施和项目验收方案及标准等。

第七章　预期成果

附 录 F
（资料性附录）
项目成果报告提纲

第一章 概述

项目概况、目标任务、监测区范围、以往工作程度、实物工作量、主要成果。

第二章 工作区背景

地形地貌与地表覆盖物、区域地层岩性、活动构造和地震、人类生产生活情况、已知地质灾害情况等。

第三章 技术方法与工作流程

第一节 技术路线

第二节 本项目主要采用的技术方法

第四章 数据处理过程

第一节 数据说明：包括工作所使用的各类数据的类型、参数、数量等情况说明。

第二节 数据处理流程：包括数据预处理、InSAR 数据处理及相关方法关键参数设置、精度评价等。

第三节 数据处理结果：包括各种数据处理方法获得的结果说明。

第五章 地表形变结果综合分析

第一节 数据处理结果对比

第二节 区域形变分析

第三节 地质灾害形变分析

第六章 隐患识别综合分析

第一节 隐患识别结果

第二节 核证查验

第三节 预警

第七章 结论与建议

第一节 取得的主要结论

第二节 存在问题与建议

各位专家、从业人员：

《湖北省地质灾害区域监测预警技术要求（试行）》将发布试行。为进一步提高标准质量，提升标准的适用性，我们将在标准试行过程中继续征求意见。各位专家、从业人员在标准使用中，如发现存在不妥之处，请填写征求意见表，并通过邮件的方式发送给编制单位。

联系方式

联系人：丁赞

电　话：13476187103

邮　箱：5660897@qq.com

征求意见表

标准名称			
姓名		所在单位	
职称/职务		联系方式	
序号	章节	意见内容	修改建议
1			
2			
…			