

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

XX/T XXXXX—XXXX

地质灾害隐患综合遥感识别技术规程

Code of practice for potential geohazard identification by comprehensive remote
sensing

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目次

前言.....I

引言.....II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 缩略语..... 1

5 总则..... 2

 5.1 目的任务..... 2

 5.2 工作层次..... 2

 5.3 基本要求..... 2

 5.4 工作流程..... 3

6 基础资料与数据获取..... 3

 6.1 基础资料..... 3

 6.2 SAR 数据..... 3

 6.3 光学遥感数据..... 4

7 地表形变特征提取..... 4

 7.1 地表形变 InSAR 数据处理方法..... 4

 7.2 D-InSAR 数据处理..... 5

 7.3 Stacking-InSAR 数据处理..... 6

 7.4 时序 InSAR 数据处理..... 6

 7.5 其他 SAR/InSAR 方法数据处理..... 7

 7.6 形变聚集区提取..... 7

8 地质灾害要素光学遥感解译..... 7

 8.1 光学遥感数据处理..... 7

 8.2 解译内容..... 7

 8.3 解译方法..... 8

 8.4 解译要求..... 9

9 地质灾害隐患综合判识与初步评价..... 9

 9.1 判识与评价内容..... 9

 9.2 综合判识..... 9

 9.3 风险初步评价..... 9

 9.4 判识与评价要求..... 9

10 野外查证..... 10

 10.1 查证目的..... 10

 10.2 查证内容..... 10

 10.3 查证要求..... 10

10.4 查证方法	10
11 成果编制	11
11.1 数据集编辑	11
11.2 图件编制	11
11.3 报告编写	12
11.4 成果提交	12
附 录 A （资料性） 现有可用星载 SAR 传感器基本参数及应用特征表	13
附 录 B （资料性） 常用 InSAR 数据处理方法及特点	14
附 录 C （资料性） 典型地质灾害隐患变形破坏迹象遥感影像特征表	15
附 录 D （资料性） 典型地质灾害遥感影像特征	16
附 录 E （资料性） 地质灾害隐患综合遥感判识依据表	18
附 录 F （资料性） 地质灾害隐患风险初步评价依据	19
附 录 G （规范性） 地质灾害隐患综合遥感识别记录表	21
附 录 H （规范性） 地质灾害隐患综合遥感识别野外查证记录表	22
附 录 I （资料性） 地质灾害隐患综合遥感识别成果数据属性结构建议表	23
附 录 J （资料性） 地质灾害隐患综合遥感识别成果报告提纲	26
参考文献	27

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自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC93）归口。

本文件起草单位：中国自然资源航空物探遥感中心、成都理工大学、四川省地质调查院、云南省地质环境监测院、四川省国土空间生态修复与地质灾害防治研究院、中国地质科学院岩溶地质研究所、长安大学。

本文件主要起草人：王珊珊、葛大庆、刘斌、童立强、郭兆成、张玲、李为乐、梁京涛、黄成、马志刚、程洋、袁蔚林、王艳、蒋校、余琛、阎书豪、韩建云。

引 言

我国地质环境与地质灾害孕灾机制复杂，传统调查方式难以有效发现隐蔽性、潜伏性地质灾害。破解复杂艰险地区重大地质灾害早期识别，动态掌控风险隐患发育状况是地质灾害调查工作的重要任务。综合应用星载InSAR地表形变监测、光学遥感解译等技术方法，以遥感观测要素与地质灾害关联特征为识别对象，在孕灾环境、致灾因子、承灾体判识分析的基础上，开展滑坡、泥石流、崩塌、地面塌陷等地质灾害隐患识别，有助于进一步摸清重大地质灾害风险隐患底数，提升地质灾害综合防治能力。重大地质灾害隐患综合遥感识别已成为地质灾害防治体系中的重要环节。

为规范和指导地质灾害隐患综合遥感识别工作，制定本文件。

地质灾害隐患综合遥感识别技术规程

1 范围

本文件确立了地质灾害隐患综合遥感识别的工作程序，并规定了基础资料与数据获取、地表形变特征提取、灾害要素光学遥感解译、隐患综合判识与初步评价、野外查证、成果编制等阶段的技术要求。

本文件适用于滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害隐患的综合遥感识别，其他类型地质灾害隐患遥感识别工作可参照执行。

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 39612 低空数字航摄与数据处理规范

CH/T 3019 1：25 000 1：50 000光学遥感测绘卫星影像产品生产技术规范

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

CH/T 9009.3 基础地理信息数字成果 1：5 000、1：10 000、1：25 000、1：50 000、1：100 000数字正射影像图

DZ/T 0261 滑坡崩塌泥石流灾害调查规范（1：50000）

DZ/T 0284 地质灾害排查规范

DZ/T 0438 地质灾害风险调查评价规范（1：50000）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地质灾害隐患关联遥感特征 potential geohazard related remote sensing characteristics

利用综合遥感观测手段获取的地形地貌、地表形变、变形破坏迹象、威胁对象等可直接或间接表征地质灾害形成、发育状况与潜在危害的特征。

3.2

地质灾害隐患综合遥感识别 potential geohazard identification by comprehensive remote sensing

综合应用InSAR、光学遥感等对地观测技术获取地质灾害隐患关联遥感特征，结合地质灾害形成条件分析，判识地质灾害隐患的位置、类型、范围和潜在风险的过程。

3.3

形变聚集区 deformation accumulation zone

利用InSAR等技术提取的地表发生移动、变形和破坏，且与周边有明显差异的区域。

3.4

变形破坏迹象 deformation and failure

地表裂缝、岩体崩落、局部坍塌、建（构）筑物破坏等反映地质灾害孕育、发生、发展的地表异常现象和特征。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CR：角反射器（Corner Reflector）

DEM：数字高程模型（Digital Elevation Model）

DOM：数字正射影像（Digital Orthophoto Map）

DS-InSAR: 分布式散射体干涉测量 (Distributed Scatterer InSAR)
D-InSAR: 合成孔径雷达差分干涉测量 (Differential InSAR)
FFT: 快速傅里叶变换 (Fast Fourier Transform)
InSAR: 合成孔径雷达干涉测量 (Synthetic Aperture Radar Interferometry)
LiDAR: 激光雷达 (Light Detection and Ranging)
POT: 像元偏移量跟踪 (Pixel Offset-Tracking)
PS-InSAR: 永久散射体干涉测量 (Permanent/Persistent Scatterer InSAR)
SAR: 合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar)
SBAS-InSAR: 短基线集干涉测量 (Small Baseline Subsets InSAR)
SLC: 单视复数影像 (Single Look Complex)

5 总体要求

5.1 目的任务

综合利用多源遥感技术及其观测数据,开展地质灾害隐患关联遥感特征提取、解译与综合判识,获取地质灾害隐患的位置、类型、范围、形变特征和威胁对象等信息,初步评价地质灾害隐患风险等级,支撑地质灾害调查评价、监测预警、综合治理与应急防治等工作。

5.2 工作层次

5.2.1 地质灾害隐患综合遥感识别分为一般识别与重点识别两个层次。

5.2.2 一般识别按照县级行政区划为基本工作单元开展,也可按照自然地理单元开展;

5.2.3 重点识别应优先选择地质灾害发育密集、地质环境条件复杂的城镇及重大工程建设规划区、人口聚集区开展。

5.2.4 地质环境条件复杂程度划分依据按照 DZ/T 0261 执行。

5.2.5 一般识别结合工作区面积和地质灾害发育状况等确定,应采用不低于 1:50 000 比例尺;重点识别应采用不低于 1:10 000 比例尺。

5.3 基本要求

5.3.1 地质灾害隐患综合遥感识别以滑坡为主,兼顾崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害。

5.3.2 应以 SAR 卫星数据、光学遥感影像、DEM 为主要数据源,结合采用地形地貌、水工环地质、地质灾害、地震、气象等基础资料,通过开展地表形变特征提取、地质灾害要素光学遥感解译、地质灾害隐患综合判识与初步评价、野外查证等实现。

5.3.3 地表形变特征提取应利用星载 InSAR 相位干涉技术获取地表形变速率或形变量,确定形变地质体的形变部位、范围和强度等要素。

5.3.4 地质灾害要素光学遥感解译应基于光学遥感影像与 DEM 数据解译获取地质灾害隐患关联的变形破坏迹象及孕灾地质环境。

5.3.5 地质灾害隐患综合判识与初步评价应综合地质体的地表形变、变形破坏迹象特征及孕灾地质环境等,确认疑似地质灾害隐患的空间分布和类型,并初步评价其风险等级。

5.3.6 野外查证应通过野外核查验证分析隐患识别信息的正确性,辅助识别成果修改完善。

5.3.7 地质环境条件复杂区应加强无人机遥感、LiDAR 和倾斜摄影测量等技术应用,获取高精度光学遥感影像和地形数据,以提高识别效果。

5.3.8 平面坐标系采用 2000 国家大地坐标,地图投影采用高斯-克吕格投影,1:25 000 及以下比例尺采用 6°分带,1:10 000 及以上比例尺采用 3°分带;高程基准采用 1985 国家高程基准。

5.3.9 应形成地质灾害隐患综合遥感识别空间数据集,编制地质灾害隐患综合遥感识别成果图件。

5.4 工作流程

地质灾害隐患综合遥感识别的工作流程见图1，包括基础资料与数据获取、地表形变特征提取、地质灾害要素光学遥感解译、地质灾害隐患综合判识与初步评价、野外查证和成果编制。

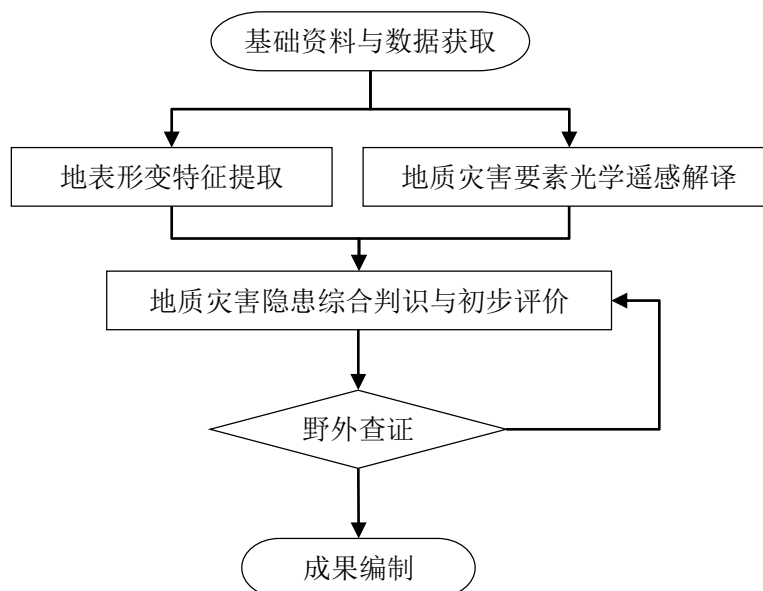


图1 地质灾害隐患综合遥感识别技术流程图

6 基础资料与数据获取

6.1 基础资料

6.1.1 搜集地质灾害调查、监测、防治等成果资料，尤其是工作区在册地质灾害隐患数据，用于分析工作区地质灾害空间分布状况和典型地质灾害发育特征及变化趋势。

6.1.2 搜集基础地理资料，包括但不限于以下要素：县级行政区划、水系、居民点及设施、交通、管线、地貌、植被、地名及注记等。

6.1.3 搜集地形资料，主要包括 DEM 数据、地形等高线等。若现有地形数据无法满足识别精度，应采用无人机遥感、LiDAR、倾斜摄影测量等技术，获取高精度地形数据。

6.1.4 搜集地质构造、地层岩性、气候、降雨、地震等调查成果资料，用于分析总结地质灾害发育规律和区域环境特征，基本掌握区域地质灾害的孕灾条件、诱发因素和成灾模式。

6.1.5 基础资料要求现势性强，工作精度高，工作程度满足情况下资料比例尺应不低于隐患识别的比例尺。对于工作程度低的地区应收集比例尺最大或成果完成时间最新的基础资料。

6.2 SAR 数据

6.2.1 应综合工作区地形、气候以及植被、冰雪等地表覆盖条件，评估给定成像模式下的有效观测范围，优先选择干涉性能稳定，成像几何条件敏感，轨道测量精度高，基线控制满足 InSAR 技术要求的 SLC 格式数据作为数据源。

6.2.2 应根据地质灾害隐患识别的工作层次、测量精度、时间长度等，结合工作区 SAR 数据存档情况，获取存档数据，根据需要编程定制工作周期内的与存档数据相同模式的 SAR 数据。当前可供选择的主要星载 SAR 数据源参见附录 A。一般识别宜选取存档数据累积量多的数据，重点识别宜选取波段长、重复观测频率高的数据。

6.2.3 在数据存档或编程满足情况下应选择时间长度不短于 1 年，数据存档不低于 20 期的 SAR 数据。

6.2.4 应在评估工作区地表形变强度、地表自然地物复杂度、地形坡度、隐患范围、时域变形特征的基础上确定 SAR 成像模式和参数。地表变形快的地区应选择长波长、短周期、高分辨率的 SAR 数据，地表变形慢的地区应选择波长较短的 SAR 数据。

6.2.5 SAR 数据波长选择时应充分考虑植被覆盖状况，植被覆盖较高的地区应优先选择长波长、穿透能力强的数据，依据植被盖程度依次选择 L 波段、C 波段或 X 波段。

6.2.6 SAR 数据分辨率选择依据识别工作层次确定。一般识别中 SAR 数据分辨率应不低于 20 m（多视后）；重点识别中针对区域识别时 SAR 数据分辨率应优于 10m（多视后），针对单体隐患监测时 SAR 数据分辨率应优于 3m。

6.2.7 SAR 卫星重访周期应遵循短周期原则，成像条件相近时应根据环境条件与变形特征，优先选择短周期 SAR 数据。

6.2.8 SAR 数据入射角选择应遵循 SAR 视线向与最大位移方向夹角最小为原则，最大程度避免因山体阴影、叠掩、透视收缩等成像畸变引起的无效观测。地形起伏大、高山峡谷地区应结合多源、多入射角、升降轨联合观测。

6.2.9 SAR 干涉组合应优先选择垂直基线优于 1/3 临界基线的像对，在数据存档满足情况下，累积数据应不低于 1 年，宜同时获取升轨和降轨观测数据。

6.2.10 同轨数据若按照单景定制，上下两景影像的重叠度应大于影像长度的 10%；跨轨数据相邻两景影像重叠度应超过影像幅宽的 10%。

6.2.11 工作区不具备多种 SAR 数据可选时，应在保证获取最优性形变监测效果的前提下，适当降低卫星数据参数要求。

6.3 光学遥感数据

6.3.1 应根据解译精度确定光学遥感数据的空间分辨率。不同解译比例尺对光学遥感数据空间分辨率的要求参照表 1 执行。为便于对地质灾害变形破坏迹象及相关微地貌特征进行精细解译，应优先选用空间分辨率不低于 1 m 的光学遥感数据。

表1 解译比例尺对应的光学遥感数据空间分辨率列表

解译比例尺	空间分辨率 m
1: 2000	≤0.2
1: 5000	≤0.5
1: 10 000	≤1
1: 50 000	≤2

6.3.2 光学遥感数据时效性应不超过 1 年，部分地区在存档数据无法满足情况下应不超过 2 年，时相以覆盖雷达监测数据时间间隔为最优，应晚于具有较大影响的地震、强降雨事件发生时间。

6.3.3 一般识别光学遥感数据以卫星数据为主；重点识别中若卫星数据无法满足要求时，应根据解译比例尺要求通过航空摄影测量方式获取高精度光学遥感数据。航空遥感数据采集技术要求按照 GB/T 39612 执行。

6.3.4 光学遥感数据的云、雪等覆盖率不宜大于 5%，且不能覆盖重要地物。图像应符合层次丰富清晰、色调均匀、反差适中等要求，条带、噪声应尽可能少。

6.3.5 针对地质灾害隐患集中发育区或者具有重大风险的地质灾害隐患，应获取多时相光学遥感数据开展对比解译，以提高解译精度。

7 地表形变特征提取

7.1 地表形变 InSAR 数据处理方法

7.1.1 根据应用目标、工作层次与可用的 SAR 数据，在平衡有效测量信息、计算能力与处理效率、测量精度与覆盖完整性的基础上确定 InSAR 形变数据处理方法。

7.1.2 一般识别中应根据 SAR 数据情况，选择技术复杂度低、形变信息量丰富且计算效率高的方法，在 SAR 数据量不足时应优先选择 D-InSAR 方法提取相对变形量；在 SAR 数据量丰富时应选择 Stacking-InSAR 技术提取形变速率，获取工作区地表形变分布状况。

7.1.3 重点识别中应根据存档与编程数据获取情况，结合工作区环境因素和总体相干性保持能力，选择时序 InSAR 分析方法。区域尺度形变监测应优先选择 SBAS-InSAR 提取形变速率与累积形变量。单体隐患选择 PS-InSAR 或 DS-InSAR 开展长时序分析，获取相干目标时间序列。

7.1.4 地表大变形超出干涉相位临界条件，无法采用 D-InSAR、Stacking、时序 InSAR 等相位干涉方法解决时，可选择高分辨率 SAR 影像，采用 POT 方法予以求解；需开展 InSAR 与其他观测手段同步测量时，可布设人工角反射器，选择相位干涉或 POT 方法予以处理。

7.2 D-InSAR 数据处理

7.2.1 数据预处理

读入 SAR 卫星 SLC (1 级) 数据并实现数据格式转换，生成单视复数据与多视强度影像。根据卫星精密轨道数据提供情况，选择是否在 SLC 影像中添加精轨数据。

7.2.2 数据配准

利用强度相关法进行主辅影像精确配准，条带成像模式 SAR 数据要求方位向和距离向误差应均小于 0.1 个像元，TOPS 模式数据方位向频谱重叠应优于 0.001 个像元。SAR 与 DEM 配准时以多视 SAR 强度影像为参考进行配准，根据 SAR 数据与 DEM 分辨率，对 DEM 进行降采样或过采样处理，并模拟成 SAR 影像，将模拟 SAR 影像与多视 SAR 强度影像进行空间相关计算，二者配准精度应优于 0.3 个像元，利用 SAR 坐标与 DEM 坐标对应查找表将 DEM 转换至 SAR 坐标系下。

7.2.3 干涉相位和相干系数计算

对已配准的主辅影像逐像元共轭相乘计算生成干涉相位图，依据相干系数公式并选择窗体大小逐像元计算生成相干系数图。

7.2.4 差分干涉计算

根据空间基线以及距离-多普勒模型和地球椭球模型计算平地相位；利用配准后 DEM 模拟计算地形相位。从干涉相位中去除平地 and 地形相位，逐像元计算生成差分干涉图，并计算生成相干系数图。

7.2.5 差分干涉相位滤波

利用空间自适应滤波对差分干涉图与相干系数进行空间滤波，降低噪声影响，并生成相干系数图。滤波方法根据处理范围大小与计算效率而定，一般选择 Goldstein 滤波方法。滤波窗口以 5×5 为基础，应根据干涉相位总体分布而扩大窗口大。局部形变区滤波选择非局域 (Non-local) 滤波方法，以保持局部形变相位细节。

7.2.6 相位解缠

采用区域生长法或最小费用流方法对差分干涉相位进行解缠处理，得到解缠相位图。检查解缠相位图，对出现解缠错误的相位图进行重新解缠，调整参数至解缠相位连续，以保证后续处理中间结果质量。

7.2.7 趋势相位去除

对存在趋势相位的差分干涉图，根据干涉条纹密度分别选择 FFT 方法或多项式函数估计趋势相位，并从差分干涉相位或解缠相位中去除。趋势相位高频分布 (条纹密集) 且规则时应采用 FFT 方法估计空间相位分布密度，趋势相位低频分布时 (条纹低于 5 个时) 应采用多项式函数模拟。根据分布趋势选择函数项和次数，模拟趋势相位并去除，将解缠相位作为后续形变解算处理的基础。

7.2.8 大气延迟相位校正

若工作区地形复杂且差分干涉图中大气相位与地形分布相关明显，应进行大气相位校正。一般采用GACOS（通用型卫星SAR大气改正，Generic Atmospheric Correction Online Service）数据或幂-指数函数进行大气相位估算，然后从差分干涉相位或其解缠结果中予以去除。幂指数函数计算窗口大小应根据地形和大气相位的分布特征确定。

7.2.9 视线向（LOS）形变计算

根据SAR成像几何关系将解缠相位转换至SAR视线向（LOS）。

7.2.10 地理编码

利用DEM坐标系与雷达影像坐标系的转换查找表，将形变结果（形变量、形变速率或形变序列）转换到地理坐标系下。

7.3 Stacking-InSAR 数据处理

7.3.1 参考影像选取

分析多时相SAR数据基线分布特征，选取时间基线居中的SAR影像作为参考影像，其余SAR影像统一配准至参考影像坐标系下。

7.3.2 干涉像对组合

利用SAR数据轨道数据计算参考影像与其余影像之间的时间基线与空间基线，生成时空基线分布图。以给定时间和空间基线阈值确定干涉相对组合方式，时空基线阈值设置应结合所用数据的相关性保持能力、工作区环境因素以及形变量值确定，一般应选择时间基线小于60天以内，空间基线优于三分之一临界基线的干涉像对生成干涉数据集。

7.3.3 差分干涉图集生成

按照干涉像对组合进行差分干涉处理，生成差分干涉相位图集，具体按照7.2.4-7.2.8执行。

7.3.4 相位叠加（Stacking）处理

选取解缠相位无明显跳变且连续分布的干涉相位图组合，基于最小二乘拟合估算线性形变速率，得到形变速率相位。

7.3.5 相位叠加结果地理编码

对形变速率相位进行视线向形变计算，得到形变速率；利用DEM坐标系与SAR坐标系转换查找表，将Stacking处理所得形变速率转换到地理坐标系下。

7.4 时序 InSAR 数据处理

7.4.1 时序 InSAR 数据预处理

按照7.2.4-7.2.8生成差分干涉图集，得到时序形变差分干涉相位。

7.4.2 相干目标识别

相干目标包括点目标与分布式目标两类。点目标选择应采用幅度离散指数方法或相干系数阈值方法初步筛选相干目标，通过相位质量评价筛选出高相干点目标；分布式目标应依据相似性判别准则筛选出的同质像元及优化萃取后的相位，按照相位一致性准则筛选出可靠的分布式目标。

7.4.3 相干目标时序分析

根据先验知识给定高程改正和形变速率估计的范围，将相干像元构成Delaunay三角网，采用二维周期函数估计网络中任一弧段的高程误差估计值与线性速率估计值，完成相位积分并得到形变速率；利用奇异值分解方法求解非线性形变序列，将线性和非线性分量相加得到每个相干点目标的形变序列。根据大气延迟相位空间域低频和时间域高频的特征，采用时空滤波方法分离大气相位误差，一般空间滤波窗口应不大于1km，时域滤波窗口应不大于120天。基于相干点目标时序形变与DEM和空间基线之间的相关性，利用时域函数模型等进行DEM误差估计和校正。

7.4.4 形变序列结果地理编码

利用DEM坐标系与影像坐标系的转换查找表，将形变速率与形变序列转换到地理坐标系，得到时序形变数据。

7.5 其他 SAR/InSAR 方法数据处理

7.5.1 POT 方法

对米级大变形的局部变形探测可采用分辨率优于3m的高分辨率SAR数据提取变形。选取拍摄时间早的SAR数据作为主影像，利用影像强度互相关算法精确估计主辅影像间的整体和局部偏移量，并从中扣除多项式模型拟合的轨道偏移量，得到与局部地表形变有关的偏移量残余，获得最佳变形值。

7.5.2 CR-InSAR 方法

植被覆盖密集的地区可通过布设角反射器测量长期变形。以CR干涉相位为观测量，采用D-InSAR、时序方法等获取给定时间间隔或长时序形变序列。以CR强度峰值中心为依据检测相对位移量。

7.5.3 二维形变场反演

在具备SAR升、降轨观测条件下，以实际地表形变的主要方向为约束，利用升降轨LOS向投影转换，估计水平向（东西向）、垂直向变形量，并在此基础上确定实际变形量。

7.6 形变聚集区提取

7.6.1 无效区域剔除

综合利用SAR卫星轨道信息、DEM、SAR相干图与强度图、光学影像等数据剔除水域、阴影、叠掩等无效观测信息，生成有效观测区模板，一般保存为矢量文件。

7.6.2 地表形变结果生成

利用有效观测区模板对地表形变结果进行掩膜处理，得到剔除无效观测的形变结果。Stacking-InSAR形变速率结果以图像表示；时序InSAR形变结果以矢量文件表示，属性表中应包含地表形变速率，形变序列及其他过程质量控制信息。矢量文件和图像文件按照地表形变值分级设色表示。

7.6.3 形变聚集区探测

通过目视交互解译，或利用空间数据聚类分析方法（如阈值分割法、热点图法），或通过深度学习方法探测并识别形变聚集区。

7.6.4 形变信息提取

基于7.6.2生成的地表形变结果和7.6.3生成的形变聚集区文件，通过空间量算和叠加分析等，计算形变聚集区的位置、面积、形变速率等信息，并对SAR数据源、监测周期、处理方法、升降轨道等信息进行标记。

8 地质灾害要素光学遥感解译

8.1 光学遥感数据处理

8.1.1 基于光学遥感数据，通过计算机数字图像处理，提高光学遥感图像质量，制作工作区DOM，最大限度地反映地质灾害隐患及其孕灾地质环境信息。

8.1.2 卫星光学遥感数据处理方法按照CH/T 3019的相关规定执行，航空光学遥感数据处理方法按照GB/T 39612执行。

8.1.3 制作获取的DOM成果按照比例尺应分别满足CH/T 9008.3或CH/T 9009.3规定的成果要求。

8.2 解译内容

8.2.1 孕灾地质环境

解译工作区地形地貌、地质构造、地层岩性、土地利用、人类工程活动等孕灾地质环境要素。

- a) 地形地貌包括：
 - 1) 划分工作区地貌单元，确定各地貌单元的分界线、形态和成因类型；
 - 2) 陡坡、陡崖、冲沟等微地貌的位置、形态等个体特征和组合特征。
- b) 地质构造包括：
 - 1) 断层的位置、长度和延伸方向；
 - 2) 褶皱的类型、长度及延伸方向；
 - 3) 破碎带的性质、分布。
- c) 地层岩性包括：
 - 1) 结合已有地质资料，确定地层、岩性类别及岩层产状；
 - 2) 划分岩土体工程地质岩组类型。
- d) 土地利用包括：地表水体、植被、耕地、荒坡地、城镇、交通等用地类型和分布现状。
- e) 人类工程活动包括：工程切坡、水库库岸、露天采矿场、尾矿库、固体废物堆场等人类工程活动的类型、空间分布及其稳定性。

8.2.2 滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等相关的变形破坏迹象

解译工作区滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等孕育、发生、发展有关的地表异常，包括地表裂缝、岩体崩落、局部坍塌、建（构）筑物破坏等，获取地表异常所处位置、范围、形态、长度、宽度、面积、所处部位、空间分布及其变化状况。

8.2.3 地质灾害

解译形变聚集区和变形破坏迹象所在地质体及周边区域的地质灾害，应包含滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷四种类型。

- a) 滑坡解译包括：
 - 1) 滑坡体所处位置、范围、形态、总体滑动方向、前后缘高程；
 - 2) 滑坡体地貌部位、坡度、沟谷发育状况、植被发育状况，滑坡与重要建筑物的关系及影响程度等。
- b) 崩塌解译包括：
 - 1) 崩塌危岩体所处位置、范围、形态、总体崩塌方向、分布高程、相对高差、坡度；
 - 2) 崩塌堆积体范围、面积、坡度、崩塌方向、植被类型等。
- c) 泥石流解译包括：
 - 1) 泥石流流域边界、形态、面积、主沟长度、主沟纵降比、平均坡度；
 - 2) 物源区边界、水源条件、集水面积、地形坡度、岩层性质，区内植被覆盖及断裂、滑坡、崩塌、松散堆积物等不良地质现象；
 - 3) 流通区边界、沟床纵横坡度、冲淤变化及泥石流痕迹，阻塞地段堆积类型，以及跌水、急弯、卡口情况等；
 - 4) 堆积区边界、性质、面积，堆积扇坡降和土地覆盖等。
- d) 地面塌陷解译包括：
 - 1) 地面塌陷的位置、范围、形状、面积、所在斜坡坡度；
 - 2) 塌陷对地面设施的破坏程度和造成的成灾范围。

8.3 解译方法

8.3.1 解译应在二维与三维结合的平台环境下，以交互解译为主，计算机信息提取为辅的方式进行。其中，边界勾绘和基本属性获取通过交互解译实现，位置、长度、面积、高程方向、坡度、纵降比等通过叠加 DEM、DOM 等数据利用空间量算和分析实现。

8.3.2 孕灾地质环境解译，若前期基础地质、土地利用调查等工作程度较高，应充分利用已有资料采用补充解译和修正方式；如果基础地质、土地利用工作程度较低或无相关资料，则应开展较为详细的解译。土地利用、人类工程活动解译应采用多时相光学遥感影像对比解译相关地物的动态变化。

8.3.3 变形破坏迹象解译应侧重地表异常及其变化解译。不同类型地质灾害隐患变形破坏迹象的遥感影像特征参见附录 C。没有形变聚集区分布的地质体,应采用多时相光学遥感影像对比解译变形破坏迹象的变化情况,分析变形破坏迹象的稳定状态和发展趋势。

8.3.4 地质灾害解译在形变聚集区和变形破坏迹象分布的地质体及周边区域开展,侧重已发生滑坡、崩塌、泥石流和地面塌陷的位置、范围、形态和发育特征的解译。不同类型地质灾害遥感影像特征参见附录 D。

8.4 解译要求

8.4.1 孕灾地质环境解译要求上图图斑面积大于 4 mm^2 的面状地物,长度大于 2 cm 的线状地物均应解译。

8.4.2 变形破坏迹象和地质灾害解译,要求按照影像原始分辨率能识别的地物均应解译。

9 地质灾害隐患综合判识与初步评价

9.1 判识与评价内容

基于地表形变特征提取和地质灾害要素光学遥感解译成果,结合孕灾地质环境条件,综合分析形变聚集区或变形破坏迹象所在地质体是否具备形成崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷的条件和潜在威胁对象,若具备则判断为地质灾害隐患,提取其地理位置、类型、范围、运动方向、活动程度、威胁对象等信息,完成风险等级的遥感初步评价。

9.2 综合判识

9.2.1 综合地表形变特征提取的形变聚集区,地质灾害要素光学遥感解译获取的变形破坏迹象,分析形变聚集区形变特征、变形破坏迹象发育程度、两者之间的时空关系以及孕灾地质环境和已有地质灾害发育情况,结合工作区地质灾害的形成条件,判断所在地质体是否具备形成滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷的条件,判断依据参考附录 E 执行。

9.2.2 若地质体具备形成地质灾害的条件,分析其物质运移方式和影响范围,提取潜在威胁对象。潜在威胁对象包括:

- a) 受威胁的居民点、城镇、水利水电工程、工矿企业、铁路、公路、隧道、桥梁、河流等基础设施;
- b) 受威胁的包括耕地、园地、林地等自然资源。

9.2.3 具有潜在威胁对象的地质体判断为地质灾害隐患,绘制地质灾害可能触发边界作为地质灾害隐患图斑。

9.2.4 未被识别为地质灾害隐患的地质体,删除相关形变聚集区提取和地质灾害要素遥感解译成果。

9.3 风险初步评价

9.3.1 对综合判识确定的地质灾害隐患,利用地表形变特征、光学遥感特征和潜在威胁对象特征等进行定性评价,初步确定隐患风险等级,作为后续开展地面调查、监测、评价和风险管控的基础资料。

9.3.2 风险初步评价在活动性和危害性做出定性评价的基础上,通过矩阵叠加方法实现风险等级初步划分。活动性、危害性和风险等级皆划分为“极高”“高”“中”“低”四个等级,遥感评价方法参见附录 F。

9.4 判识与评价要求

9.4.1 地质灾害隐患识别成果采用面状图斑勾绘。

9.4.2 应基于光学遥感数据、地表形变 InSAR 监测成果、地形数据和工作区在册地质灾害隐患数据等,提取地质灾害隐患的地理位置、高程、类型、是否新增、面积、运动方向、有无形变、光学遥感数据源、潜在威胁对象、风险等级初判等信息。

9.4.3 应加强高位远程和链式地质灾害隐患分析,重点关注隐患源区特征、微地貌特征、地表形变和

变形破坏迹象的变化发展情况，分析地质灾害的形成条件、运动过程、链生效应和可能影响范围，完成风险初步评价。

9.4.4 识别过程中应填写地质灾害隐患综合遥感识别记录表，记录表格式按照附录 G 执行。

10 野外查证

10.1 查证目的

10.1.1 核查所识别地质灾害隐患的孕灾环境、发育特征、变形迹象、诱发因素、承灾体、发展趋势等情况。验证识别地质灾害隐患地理位置和类型的正确性。

10.1.2 验证地质灾害隐患风险等级初步评价的正确性。

10.1.3 修改完善地质灾害隐患识别成果。

10.2 查证内容

10.2.1 综合判识正确性查证

核查识别地质灾害隐患所在地质体上滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷相关的孕灾环境、发育特征、变形迹象、威胁对象及其发展变化等情况，评价地质体上发生滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害的可能性，验证识别成果中地质灾害隐患地理位置、类型和范围是否正确。

10.2.2 风险等级初步评价正确性查证

分析识别地质灾害隐患所在地质体上滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等的稳定性（发育程度）和发展趋势，结合威胁对象的性质和数量评价其风险等级，验证识别成果中风险等级初步评价的正确性。

10.3 查证要求

10.3.1 野外查证点总数应不低于识别隐患数目的 20%，新增地质灾害隐患识别点的查证率应不低于 40%。

10.3.2 针对每处查证点应填写地质灾害隐患遥感识别野外查证记录表，表格格式按照附录 H 执行。

10.3.3 野外查证结束后应按照查证结果修改初步识别成果，使识别成果更加客观、准确。

10.4 查证方法

10.4.1 野外查证点选择应重点考虑以下内容：

- a) 存疑地质灾害隐患点；
- b) 新增地质灾害隐患点；
- c) 与隐患库信息差异显著的已知隐患点；
- d) 规模大或具有重大威胁的地质灾害隐患点；
- e) 综合遥感特征突出的地质灾害隐患点。

10.4.2 野外查证应携带必要的仪器工具，包括：GNSS、测距仪、卷尺、罗盘、数码照相机、摄像机、无人机摄影测量系统等。野外调查采用目视观测与现场量测相结合的方式，通过沿路观察进行记录描述，记录方式包括相机拍摄、无人机航空摄影、现场文字记录等。

10.4.3 地质灾害隐患野外调查方法参照 DZ/T 0284 执行。隐患发育特征调查中，应重视形变聚集区和变形破坏迹象解译图斑及周边地区的调查，以便与遥感识别成果对比分析。隐患风险评价按照 DZ/T 0438 执行。

10.4.4 充分重视对查证点当地群众的访问。访问内容包括查证点处是否为己发地质灾害及灾害规模、危害、可能诱发因素等信息；各类地表变形特征的发育历史，特别是区域内难以到达裂缝和垮塌的类型、规模、趋势等特征；现场调查未见明显变形特征点的灾害发育情况。

10.4.5 现场照片采集应获取地质灾害隐患点整体及周边区域全景照片不少于 1 张，局部特征位置照

片不少于 3 张，局部照片应详细记录拍摄位置、拍摄时间、镜头指向、变形特征等信息；照片分辨率不低于 300dpi。对现场难以到达的查证点，应采用无人机航空摄影方式获取上述照片。

10.4.6 隐患识别正确的判断依据应同时满足以下条件：

- a) 野外核查确认识别的地质灾害隐患范围内具备发育地质灾害的可能，且潜在地质灾害范围大部分落在识别地质灾害隐患范围内；
- b) 具有明确的承灾体。

11 成果编制

11.1 数据集编辑

11.1.1 地质灾害隐患综合遥感识别成果数据应以地理信息系统的空间数据集形式进行整理。

11.1.2 空间数据集中应包含地表形变特征提取、地质灾害要素光学遥感解译和地质灾害隐患综合判识与初步评价的成果数据。成果数据涉及的图层（要素类）参照表 2 建立。

表2 地质灾害隐患综合遥感识别成果数据图层（要素类）列表

序号	编码	名称	图元（要素）类型	约束条件	来源
1	XBQ	形变聚集区	面	必选	地表形变特征提取
2	BXJX	变形破坏迹象	点、线、面	必选	光学遥感解译
3	YZHJ	孕灾地质环境	点、线、面	可选	光学遥感解译
4	DZYH	地质灾害隐患	面	必选	隐患综合判识与初步评价
5	YXFW	潜在影响范围	面	可选	隐患综合判识与初步评价

11.1.3 不同要素类（图层）的属性字段结构设置参见附录 I。

11.2 图件编制

11.2.1 应编制地质灾害隐患综合遥感识别成果图，图件内容包括：

- a) 主图：展示识别获取的地质灾害隐患分布情况及其综合遥感特征，应包括三个层次：
 - 1) 遥感底图：应采用地形阴影、高分辨率光学遥感影像、InSAR 形变速率图或组合叠加。
 - 2) 基础地理要素：包括村镇及以上级别地名、主要水系、重要交通干线、重要工程设施、行政区划界线等。
 - 3) 地质灾害隐患要素：反映各类地质灾害隐患的位置、类型、范围、空间分布、运动方向、潜在威胁对象、风险等级初判及其形变集中分布区和变形破坏迹象等特征。
- b) 镶图：应根据实际情况确定，包括工作区地理位置图、孕灾地质环境专题图、典型地质灾害隐患遥感特征图等。
- c) 镶表：应包括工作区地质灾害隐患识别成果统计表，格式参考表 3。

表3 地质灾害隐患综合遥感识别统计表

序号	隐患编码	经度	纬度	隐患类型	是否新增	潜在威胁对象	风险等级初判

11.2.2 制图比例尺和幅面大小应根据工作层次和工作区范围确定，以内容完整表达为准。重点识别制图比例尺应不小于 1：10 000。

11.2.3 成果图上地质灾害隐患的图斑面积不小于 4 mm² 时采用面图元表达；否则采用点图元符号表达。地质灾害隐患点的定位规则是，滑坡隐患点定在潜在滑坡后缘中部，崩塌隐患点定在危岩体前缘中部，泥石流隐患点定在潜在泥石流沟口或堆积扇扇顶，地面塌陷定在边界范围中部。地质灾害隐患符号图示图例按照 DZ/T 0438 执行。

11.2.4 成果图上形变聚集区和变形破坏迹象的图斑面积小于 4 mm² 时采用面图元表达，线状图元长度不小于 2mm 时，采用线图元表达，否则采用点图元符号表达。点符号定位于面、线图元的中心点。

11.2.5 InSAR 形变速率图的渲染方式应根据地表形变提取结果的数据结构、形变聚集区分布特征和形变取值确定。

11.2.6 图幅配置内容包括图名、图廓、指北针、比例尺、镶图、镶表、图例、图签等要素，应结合图面负载、清晰、美观和可读性进行排版和整饰。

11.2.7 图件注记内容包括地质灾害隐患编号、村镇及以上级别地名、主要水系、重要交通干线、重要工程设施名称和其他重要地物名称。

11.3 报告编写

应编写地质灾害隐患综合遥感识别成果报告，报告提纲参考附录J。

11.4 成果提交

11.4.1 成果提交应包括且不限于以下资料：

- a) 成果报告；
- b) 成果数据集；
- c) 成果图件；

d) 相关附件：包括地质灾害隐患综合遥感识别记录表、地质灾害隐患综合遥感识别野外查证记录表等。

11.4.2 成果提交参照 DT/Z 0273 相关要求执行。

附录 A

(资料性)

现有可用星载 SAR 传感器基本参数及应用特征表

现有可用星载SAR传感器基本参数及应用特征见表A.1

表A.1 现有可用星载SAR传感器基本参数及应用特征表

星载 SAR系 统	RADARS AT-1	ENVISAR -ASAR	ALOS- PALSAR	RADARSAT- 2	TerraSAR- X/TanDEM- X星座 (2)	COSMO- SkyMed星座 (4)	Sentinel- 1A/B 星座	ALOS- 2(PALSAR -2)	LT-1 1A/B 星座
所属国家/机构	加拿大	欧空局	日本	加拿大	德国	意大利	欧空局	日本	中国
运行时间	1995-2013	2002-2012	2006-2011	2007-	2007-	2007-	2014-	2014-	2022-
轨道高度 (km)	780	800	691	798	514	619	693	628	602
波段	C	C	L	C	X	X	C	L	L
波长 (cm)	5.6	5.6	23.6	5.6	3.1	3.1	5.6	23.6	23.6
极化方式	HH	HH/VV	全极化	单极化/双极化/全极化	全极化	HH,VV,HV, VH,HH/VV, HH/HV,VV/ VH	HH+HV,VV +VH	全极化	全极化
侧视角 (°)	23~5	15~45	8~50.8	23~65	20~55	16.36~52.06	20.0~45.0	8.0~70.0	20~53
轨道倾角 (°)	98.6	98.55	98.16	98.6	97.44	97.86	98.18	97.9	97.8
最短观测时间 间隔 (d)	24	35	46	24	11	16	12 (单星) 6 (双星)	14	8 (单星) 4 (双星)
InSAR常用模式 与地面分辨率 (m)	条带模式 8~30	条带模式 25~100	条带模式 7~100	聚束模式 1 精细模式 3 超宽精细模式 5 宽幅条带模式 30	凝视模式 0.25 聚束模式 1 条带模式 3	聚束模式 1 条带模式 3	条带模式 20	聚束模式 1×3 条带模式 3、6、10	条带模式 3、6
幅宽 (km)	50~100	100	50	10、50、 100、125、 150	5、20	10、40	250	50、70	50、100
采购途径	存档开源	存档开源	存档开源	商业	商业	商业	开源	商业	公益
存档数据情况	部分地区 覆盖	全球覆盖 25 次以上	全球覆盖 15 次以上	中国东部 2007-2013 年 存档数据, 需 编程	部分地区有 存档, 需编 程	部分地区有 存档, 需编 程	中国陆域全 覆盖持续采 集 2021 年 12 月后 B 星失 效	部分地区 有存档, 需 编程	中国陆域 全覆盖持 续采集

附 录 B
(资料性)
常用 InSAR 数据处理方法及特点

常用InSAR数据处理方法及特点见表B.1。
表B.1常用InSAR数据处理方法及特点表

InSAR处理方法	影像期	计算复杂度	应用场景	变形特征	有效观测量	形变信息量
D-InSAR	>2	低	相干性良好 全域	多尺度	形变量	高
Stacking InSAR	>3	低	相干性良好 全域	多尺度	速率	高
SBAS-InSAR	>10	中	相干性良好 全域	多尺度	速率/累积量	中
PS-InSAR	>20	中	城镇环境	缓慢	速率/累积量	中、低
DS-InSAR	>20	高	全域	缓慢	速率/累积量	中、高
POT	>2	低	相干性良好 全域	大变形	累积量	高

附 录 C
(资料性)

典型地质灾害隐患变形破坏迹象遥感影像特征表

典型地质灾害隐患变形破坏迹象遥感影像特征见表C.1。

表C.1 典型地质灾害隐患变形破坏迹象遥感影像特征表

隐患类型	变形破坏迹象遥感影像特征
滑坡隐患	(1) 斜坡体地表破碎、起伏不平，斜坡表面有不均匀陷落的局部平台和陡坎。 (2) 斜坡体上可见地表裂缝，色调、纹理与周围地物差异显著，有时呈环状或羽状分布，特别是土质滑坡，地表裂缝明显，裂口大。 (3) 斜坡体上可见明显的局部滑动、垮塌，边界清晰，形成的堆积体色调浅亮，纹理粗糙，无植被发育，周边伴生地表裂缝。 (4) 斜坡体上有地表湿地、泉水发育，尤其是在滑坡前缘，呈斑状或点状深色调； (5) 斜坡体上建筑物可见破坏受损特征，如道路错断偏移等，在高分辨率航空遥感影像上可见公路、院场地面的开裂。
崩塌隐患	(1) 斜坡上部危岩区坡度陡，一般在45°以上，常呈现明显阴影区，危岩区基岩出露新鲜结构面，因对光谱具有较强反射能力而多呈浅色调，表面纹理粗糙，部分可见裂缝； (2) 下方分布有一定的新鲜堆积体或新近落石，堆积体多呈下宽上窄三角形，色调以白色、灰白色、灰色等浅色调为主，纹理粗糙，有时可见巨大块石分布，一般植被覆盖度低。
泥石流隐患	(1) 流域内斜坡上具有滑坡、崩塌发育或相关变形破坏迹象； (2) 物源区和流通区分布有新鲜物质堆积，堆积体色调较周围区域浅，纹理粗糙，植被覆盖程度较低。
地面塌陷隐患	(1) 岩溶塌陷发生常是瞬时的，在光学遥感影像上较难捕捉其发生前的变形破坏迹象。 (2) 采空塌陷上部斜坡上多伴生地裂，且有发展趋势，裂缝发育导致岩体破碎化。 (4) 塌陷区边缘或内部存在规模不等的新近岩体崩落和局部垮塌。

附录 D
(资料性)
典型地质灾害遥感影像特征

D.1 滑坡

D.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。

D.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）。

D.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。

D.2 崩塌

D.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。

D.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。

D.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 $5^{\circ}\sim 9^{\circ}$ ；部分达 $9^{\circ}\sim 12^{\circ}$ ；后者一般在 $1^{\circ}\sim 4^{\circ}$ 间。

D.4 地面塌陷

D.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，底部呈深色调，但常被第四系沉积物充填而呈浅色调；
- 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。

D.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 $1\sim 2\text{m}$ ，长数十米~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 E
(资料性)

地质灾害隐患综合遥感判识依据表

地质灾害隐患综合遥感判识依据见表E.1。

表E.1 地质灾害隐患综合遥感判识依据表

隐患类型		孕灾地质环境	综合遥感特征	威胁对象
滑坡崩塌隐患		形变聚集区或变形破坏迹象所在斜坡及周边地区的孕灾地质环境符合工作区滑坡、崩塌的形成发育条件，包括地形地貌、斜坡结构、地质构造、岩土体类型、水文地质、易崩易滑地层、岩体结构、土地利用、人类工程活动等。	(1) 斜坡体上分布有形变聚集区，形变聚集区边界基本不超过斜坡边界，分布于斜坡前缘、中部、后缘或者整体。 (2) 斜坡体上分布有滑坡、崩塌相关变形破坏迹象，空间展布和动态发展与形变聚集区具有时空相关性，或在多时序解译中呈现发展趋势。	具有直接或间接承灾体
泥石流隐患		形变聚集区或变形破坏迹象所在沟谷流域或者斜坡的孕灾地质环境符合工作区沟谷泥石流或坡面泥石流的形成发育条件，包括沟谷形态、松散固体物质来源、地质构造、气象水文、植被覆盖、人类工程活动等。	(1) 具有明显的沟谷特征或坡面冲沟特征；沟谷流域或斜坡体上岩体风化或土壤侵蚀程度高，松散固体堆积物较丰富。 (2) 流域内斜坡、沟道或沟口堆积体上分布有形变聚集区或泥石流相关变形破坏迹象。 (3) 变形破坏迹象或沟谷松散堆积物的边界、色调、纹理等有动态发展趋势。	
地面塌陷隐患	岩溶塌陷	形变聚集区或变形破坏迹象所在区的孕灾地质环境符合地面塌陷的形成发育条件，包括岩溶发育、采空区分布、开采方式、水文地质、地质构造、岩土体类型、人类工程活动等。	发生前形变和地表地貌异常不易捕捉，综合遥感特征不突出。	
	采空塌陷		(1) 山区或平原地表分布形变聚集区，形变聚集区规模大，形变量相对突出，常呈串珠状展布，不受斜坡边界控制。 (2) 山区或平原地表分布采空塌陷相关变形破坏迹象，空间展布和动态发展与形变聚集区具有时空相关性。	

附 录 F
(资料性)
地质灾害隐患风险初步评价依据

地质灾害隐患风险初步评价依据见表F.1~F.3

表F.1 地质灾害活动性等级划分建议表

活动性等级		极高	高	中	低
光学遥感影像特征	滑坡	前缘临空，坡度较陡，有泉水出露。坡面上有多条新发展的滑坡裂缝，贯通性强，滑坡周界有明显位移变形迹象。	前缘临空，坡面上发育有新生裂缝，具有一定贯通性，滑坡周界具有明显变形迹象。	前缘临空，坡面上局部有小的裂缝，后缘有裂缝规模小且分布不连续，其他变形迹象不明显。	前缘斜坡较缓，临空高差小。坡面和周界上无明显裂缝发展和位移迹象。
	崩塌	临空，坡度陡，坡面上有多条新发展的裂缝，贯通性强，危岩体有明显变形破坏迹象，有积水或存在积水地形。	临空，坡度较陡，坡面上有少量新发展的裂缝，具有一定贯通性。可见裂缝或明显位移迹象，有积水或存在积水地形。	临空，坡面上局部有小的裂缝。无明显变形迹象，存在积水地形。	斜坡较缓，临空高差小，坡面上无裂缝发展和明显变形位移迹象，无积水，也不存在积水地形。
	泥石流	流域内斜坡变形强烈，新增物源丰富，崩塌、滑坡分布广泛，沟谷片蚀、侧蚀发育。泥石流沟槽堆积和堵塞现象严重，形成区扩大，流通区向上延伸，堆积区扇面新鲜，漫流现象严重。	流域内斜坡变形较强烈，新增物源较丰富，多见新生沟谷，有少量滑坡、崩塌等。山坡以凸型为主，形成区分并逐步扩大，流通区较短，堆积区扇面新鲜。	流域内斜坡变形较小，新增物源中等，以沟槽搬运及侧蚀供给为主。山坡以凹型为主，形成区减少，流通区向上延伸，堆积区扇面陈旧，生长植物，植被较好。	流域内斜坡变形小，新增物源少。沟槽稳定，形成区边界不明显，植被良好，堆积区扇面陈旧。
	地面塌陷	塌陷区及附近地表裂缝发育，裂缝数量、规模突出，甚至有圈闭趋势；有连片分布的岩体崩落、坡体垮塌现象；上覆地物如植被、耕地、道路、建筑区等破坏程度高，与周边地区差异显著。	塌陷区及附近地表裂缝发育，数量、规模一般，地表难以判断边界范围；有小规模岩体崩落、坡体垮塌分布；上覆地物如植被、耕地、道路、建筑区等有一定程度破坏，与周边地区差异明显。	塌陷区及附近地表裂缝零星发育，数量、规模较小，地表难以判断边界范围；上覆地物如植被、耕地、道路、建筑区等出现破坏，与周边地物有一定差异。	塌陷区与周边地区地形、地貌无明显差异，未见地表裂缝、岩体破坏等现象和相关地物异常特征。
地表形变特征	滑坡	形变区集中区范围与隐患解译范围基本重合，形变聚集区形变量较周边地区特征差异显著，形变量取值大。时序形变监测反映出形变加剧趋势。	形变区集中区范围面积大于隐患解译范围的一半，形变区长轴方向与隐患运动方向基本一致，形变量较周边地区特征差异明显，形变量取值较大。时序形变监测反映出形变加剧趋势。	形变区集中区范围面积小于隐患解译范围的一半，形变区长轴方向与隐患运动方向有一定夹角，形变量较周边地区特征有一定差异，形变量取值一般。时序形变监测可发现形变但尚未出现加剧趋势。	未能有效提取形变聚集区
	崩塌	危岩体和堆积区皆形变显著，形变聚集区面积较大，附近甚至因变形过大而产生失相干现象。形变量较周边地区特征差异显著，形变量取值大。时序形变监测反映出形变加剧趋势。	危岩体或堆积区分布有形变聚集区，形变量较周边地区特征差异明显，形变量取值较大。时序形变监测反映出形变加剧趋势。	危岩体或堆积区分布有形变聚集区，范围小，形变量较周边地区特征有一定差异，形变量取值较一般。时序形变监测可发现形变但尚未出现加剧趋势。	未能有效提取形变聚集区

表 F.1 地质灾害活动性等级划分建议表(续)

活动性等级		极高	高	中	低
地表形变特征	泥石流	泥石流形成区中形变聚集区数目多，分布广泛，形变特征显著，形变量取值大。流通区和堆积区也有一定形变特征。	泥石流形成区中形变聚集区数目较多，形变特征明显，形变量取值较大。	泥石流形成区中形变聚集区数目少，形变特征较明显。	未能有效提取形变聚集区
	地面塌陷	形变聚集区面积大，形变量较周边地区特征差异显著，形变量取值大，由外向内呈环状具有递增特征；时序形变监测反映出形变加剧趋势。	形变聚集区面积大，形变量较周边地区特征差异明显，形变量取值较大，由外向内呈环状具有递增特征；时序形变监测反映出形变加剧趋势。	形变聚集区面积较大，形变量较周边地区比特征差异明显，形变量取值一大，内部分布规律不明显；时序形变监测反映出形变加剧趋势。	未能有效提取形变聚集区
注：活动性等级采用光学特征和形变特征对应的较高等级。 地面塌陷相关依据主要适用于采空塌陷。					

表F.2 地质灾害隐患危害性等级划分建议表

危害等级		极高	高	中	低
危害对象	城镇、居民点	城镇、学校	人口密集的村庄、社区	散户	零星散户
	交通道路	一级铁路，高速公路	二级铁路，省级以上公路	三级铁路，县级公路	铁路支线，乡村公路
	大江大河	大型以上水库，重大水利水电工程	中型水库，省级重要水利水电工程	中小型水库，市级重要水利水电工程	小型水库，县级水利水电工程
	工矿企业	特大型及重要大型工矿企业	大型工矿企业	中型工矿企业	小型工矿企业
只需其一达到标准即可判定相应的级别。					

表F.3 地质灾害隐患风险定性评价建议表

危害性	活动性			
	极高	高	中	低
极高	极高	极高	高	中
高	极高	高	中	中
中	高	高	中	低
低	中	中	低	低

附 录 G
(规范性)
地质灾害隐患综合遥感识别记录表

地质灾害隐患综合遥感识别记录表格式见表G.1。

表G.1地质灾害隐患综合遥感识别记录表

隐患识别编码		隐患类型		行政位置		经度: E 前缘高程: m	
		面积	m ²			纬度: N 后缘高程: m	
孕灾地质环境							
隐患综合遥感特征	地表形变特征				形态特征		
	雷达数据源		升/降轨		光学数据源		时相
	监测周期		有无形变				
	形变特征图				光学特征图		
	形变特征描述				光学特征描述		
威胁对象	城镇□ 学校□ 聚居区□ 工矿□ 分散农户□ 铁路□ 高速公路□ 国道□ 省道□ 县道□ 乡村道□ 水利□ 景区□ 其他□ 备注:						
风险等级初判	风险等级: 极高□ 高□ 中□ 低□						
识别结果	新增隐患点□ 已知地质灾害点□, 已知点编号或名称:						
识别人:		识别时间:		检查人:		检查时间:	

附 录 H（规范性）
地质灾害隐患综合遥感识别野外查证记录表

地质灾害隐患综合遥感识别野外查证记录表格式见H.1。
表H.1 地质灾害隐患综合遥感识别野外查证记录表

隐患识别编码	野外查证编码		
坐标	经度： ° ' " E； 纬度： ° ' " N； 高程 m		
行政位置			
隐患识别类型	隐患查证类型		
风险等级初判	查证风险等级		
孕灾环境			
发育特征			
形变迹象			
诱发因素			
威胁对象			
发展趋势			
现场照片			
验证结果	<input type="checkbox"/> 正确 <input type="checkbox"/> 不正确		
	备注： _____		
核查人		核查时间	年 月 日
检查人		检查时间	年 月 日
核查单位：			

附 录 I
(资料性)
地质灾害隐患综合遥感识别成果数据属性结构建议表

I.1 形变聚集区

形变聚集区数据属性结构建议见表I.1。

表I.1 形变聚集区(XBQ)成果数据属性结构表

序号	字段名称	字段编码	字符类型	长度	是否必填	备注
1	形变编码	XBBM	TEXT	10	是	
2	所属隐患	SSYH	TEXT	10	是	
3	经度	JD	Double	8	是	小数保留6位
4	纬度	WD	Double	8	是	小数保留6位
5	面积	MJ	Double	8	是	单位：m ²
6	所处部位	SCBW	TEXT	20	是	
7	平均形变速率	PJSL	Double	8	是	单位：mm/a
8	形变速率极值	JZSL	Double	8	是	单位：mm/a
9	雷达数据源	LDSJ	TEXT	20	是	
10	轨道参数	GDCS	TEXT	4	是	升轨/降轨
11	监测周期	JCZQ	TEXT	30	是	
12	处理方法	CLFF	TEXT	30	是	
13	特征描述	TZMS	TEXT	300	否	
14	提取人	TQR	TEXT	10	是	
15	提取时间	TQSJ	TEXT	30	是	

I.2 变形破坏迹象

变形破坏迹象成果数据包括点、线、面三种类型，属性结构建议见表I.2~I.4。

表I.2 变形破坏迹象点(BXJX_A0)成果数据属性结构表

序号	字段名称	字段编码	字符类型	长度	是否必填	备注
1	迹象编码	JXBM	TEXT	10	是	
2	所属隐患	SSYH	TEXT	10	是	
3	经度	JD	Double	8	是	小数保留6位
4	纬度	WD	Double	8	是	小数保留6位
5	光学数据源	GXSJ	TEXT	20	是	
6	光学时相	GXSX	TEXT	30	是	
7	特征描述	TZMS	TEXT	300	否	
8	解译人	JYR	TEXT	10	是	
9	解译时间	JYSJ	TEXT	30	是	

表I.3 变形破坏迹象线(BXJX_A1)成果数据属性结构表

序号	字段名称	字段编码	字符类型	长度	是否必填	备注
1	迹象编码	JXBM	TEXT	10	是	
2	所属隐患	SSYH	TEXT	10	是	
3	经度	JD	Double	8	是	小数保留6位
4	纬度	WD	Double	8	是	小数保留6位
5	长度	CD	Double	8	是	单位：m
6	光学数据源	GXSJ	TEXT	20	是	
7	光学时相	GXSX	TEXT	30	是	
8	特征描述	TZMS	TEXT	300	否	
9	解译人	JYR	TEXT	10	是	
10	解译时间	JYSJ	TEXT	30	是	

表I.4 变形破坏迹象面(BXJX_A2)成果数据属性结构表

序号	字段名称	字段编码	字符类型	长度	是否必填	备注
1	迹象编码	JXBM	TEXT	10	是	
2	所属隐患	SSYH	TEXT	10	是	
3	经度	JD	Double	8	是	小数保留6位
4	纬度	WD	Double	8	是	小数保留6位
5	面积	MJ	Double	8	是	单位: m ²
6	长度	CD	Double	8	是	单位: m
7	光学数据源	GXSJ	TEXT	20	是	
8	光学时相	GXSX	TEXT	30	是	
9	特征描述	TZMS	TEXT	300	否	
10	解译人	JYR	TEXT	10	是	
11	解译时间	JYSJ	TEXT	30	是	

1.3 孕灾地质环境

孕灾地质环境成果数据包括点、线、面三种类型, 属性结构建议见表I.5~I.7。

表I.5 孕灾地质环境点(YZHJ_A0)成果数据属性结构表

序号	字段名称	字段编码	字符类型	长度	是否必填	备注
1	环境编码	HJBM	TEXT	10	是	
2	环境类型	HJLX	TEXT	10	是	
3	经度	JD	Double	8	是	小数保留6位
4	纬度	WD	Double	8	是	小数保留6位
5	光学数据源	GXSJ	TEXT	20	是	
6	光学时相	GXSX	TEXT	30	是	
7	特征描述	TZMS	TEXT	300	否	
8	解译人	JYR	TEXT	10	是	
9	解译时间	JYSJ	TEXT	30	是	

表I.6 孕灾地质环境线(YZHJ_A1)成果数据属性结构表

序号	字段名称	字段编码	字符类型	长度	是否必填	备注
1	环境编码	HJBM	TEXT	10	是	
2	环境类型	HJLX	TEXT	10	是	
3	经度	JD	Double	8	是	小数保留6位
4	纬度	WD	Double	8	是	小数保留6位
5	长度	CD	Double	20	是	单位: m
6	光学数据源	GXSJ	TEXT	20	是	
7	光学时相	GXSX	TEXT	30	是	
8	特征描述	TZMS	TEXT	300	否	
9	解译人	JYR	TEXT	10	是	
10	解译时间	JYSJ	TEXT	30	是	

表I.7 孕灾地质环境面(YZHJ_A2)成果数据属性结构表

序号	字段名称	字段编码	字符类型	长度	是否必填	备注
1	环境编码	HJBM	TEXT	10	是	
2	环境类型	HJLX	TEXT	10	是	
3	经度	JD	Double	8	是	小数保留6位
4	纬度	WD	Double	8	是	小数保留6位
5	面积	MJ	Double	8	是	单位: m ²
6	长度	CD	Double	20	是	单位: m
7	光学数据源	GXSJ	TEXT	20	是	
8	光学时相	GXSX	TEXT	30	是	
9	特征描述	TZMS	TEXT	300	否	
10	解译人	JYR	TEXT	10	是	
11	解译时间	JYSJ	TEXT	30	是	

I.4 地质灾害隐患

地质灾害隐患成果数据属性结构建议见表I.8。

表I.8 地质灾害隐患(DZYH)成果数据属性结构表

序号	字段名称	字段编码	字符类型	长度	是否必填	备注
1	隐患编码	YHBM	TEXT	10	是	
2	隐患类型	YHLX	TEXT	10	是	
3	是否新增	SFXZ	TEXT	2	是	
4	经度	JD	TEXT	10	是	小数保留6位
5	纬度	WD	TEXT	20	是	小数保留6位
6	前缘高程	QYGC	Int	4	是	单位：m
7	后缘高程	HYGC	Int	4	是	单位：m
8	面积	MJ	Double	8	是	单位：m ²
9	行政单元	XZDY	TEXT	30	是	
10	潜在威胁对象	WXDX	TEXT	50	是	
11	风险等级初判	FXCP	TEXT	4	是	
12	光学数据源	GXSJ	TEXT	20	是	
13	光学时相	GXSX	TEXT	30	是	
14	光学特征描述	GXMS	TEXT	300	否	
15	雷达数据源	LDSJ	TEXT	20	是	
16	雷达时相	LDSX	TEXT	30	是	
17	形变特征描述	XBMS	TEXT	300	否	
18	识别人	SBR	TEXT	10	是	
19	识别时间	SBSJ	TEXT	30	是	

H.5 潜在影响范围

潜在影响范围成果数据属性结构建议见表I.9。

表I.9 潜在影响范围(YXFW)成果数据属性结构表

序号	字段名称	字段编码	字符类型	长度	是否必填	备注
1	范围编码	FWBM	TEXT	10	是	
2	所属隐患	SSYH	TEXT	10	是	
3	经度	JD	Double	8	是	小数保留6位
4	纬度	WD	Double	8	是	小数保留6位
5	面积	MJ	Double	8	是	单位：m ²
6	特征描述	TZMS	TEXT	300	否	
7	提取人	TQR	TEXT	10	是	
8	提取时间	TQSJ	TEXT	30	是	

附录 J

(资料性)

地质灾害隐患综合遥感识别成果报告提纲

J.1 绪论

- J.1.1 任务来源及目标任务
- J.1.2 工作部署与完成情况
- J.1.3 取得的主要成果

J.2 区域地质环境背景

- J.2.1 自然地理
- J.2.2 地层岩组
- J.2.3 地质构造
- J.2.4 新构造运动与地震
- J.2.5 人类工程活动
- J.2.6 地质灾害

J.3 技术路线与工作方法

- J.3.1 技术路线
- J.3.2 工作方法

1、资料收集与分析

2、地表形变 InSAR 监测

论述采用的雷达遥感数据源、InSAR 数据处理算法、工作流程和监测成果等。

3、光学遥感解译

论述采用的光学遥感数据源、主要解译内容和建立的解译标志等。

4、地质灾害隐患判识与初步评价

论述地质灾害隐患判识的依据、风险评价的情况

5、野外查证与分析

论述野外查证点的数量、比例、选点分布、验证精度与分析。

6、成果编制

J.4 工作区地质灾害隐患综合遥感识别成果

- J.4.1 概述

论述工作区地质灾害隐患的总体情况，包括数量、空间分布、类型、新增情况、识别成效、正确率分析等。

- J.4.2 分区/分类型识别成果

对不同分区、类型的地质灾害隐患特征进行分析说明。

- J.4.3 隐患地质环境背景分析

通过对不同类型地质灾害隐患的地质环境背景分析，总结不同环境下地质灾害隐患的识别情况。

J.5 典型（区段）地质灾害隐患综合遥感分析与评价

综合多源遥感特征、野外查证成果、基础资料等，对工作区典型（区段）中的地质灾害隐患进行综合论述，说明其发育特征、发展过程、威胁对象和风险程度，提出防治建议。

J.6 结论与建议

- J.6.1 结论
- J.6.2 建议

参 考 文 献

- [1] GB/T 39610 倾斜数字航空摄影技术规程
 - [2] GB/T 40112 地质灾害危险性评估规范
 - [3] CHT 6006 时间序列InSAR地表形变监测数据处理规范
 - [4] CH/T 8024 机载激光雷达数据获取技术规范
 - [5] DZ/T 0265 遥感影像地图制作规范(1：50000、1：250000)
 - [6] DT/Z 0273 地质资料汇交规范
 - [7] DD 2011-03 遥感地质解译方法指南（1：50 000、1：250 000）
 - [8] DD 2014-11 地面沉降干涉雷达数据处理技术规程
 - [9] DD 2015-01 地质灾害遥感调查技术规定
 - [10] DD 2019-08 地质灾害调查技术要求（1：50 000）
-