



中华人民共和国国家标准

GB/T 45979—2025

采煤沉陷区卫星遥感动态监测技术规程

Technical code of practice for dynamic monitoring of coal mining
subsidence area by satellite remote sensing

2025-08-01 发布

2026-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

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 数学基础 2

6 工作流程 2

7 前期准备 3

 7.1 卫星遥感数据准备 3

 7.2 资料收集 4

8 地表沉陷遥感监测 4

 8.1 监测内容 4

 8.2 监测范围 4

 8.3 监测频次 4

 8.4 监测流程 4

9 土地利用遥感监测 6

 9.1 监测内容 6

 9.2 监测范围 6

 9.3 监测频次 6

 9.4 监测流程 6

10 质量保障 7

 10.1 真实性检验 7

 10.2 质量检查 7

11 监测成果要求 8

 11.1 数据库成果建设要求 8

 11.2 图件成果制作要求 8

 11.3 报告成果编制要求 8

附录 A（资料性） Offset-Tracking 数据处理技术流程 9

 A.1 影像配准 9

 A.2 互相关计算 9

 A.3 轨道、大气和地形引起的偏移量计算 9

 A.4 地表形变偏移量计算 10

附录 B（资料性） Stacking-InSAR 数据处理技术流程 11

B.1 时空基线阈值设置 11

B.2 差分干涉图生成、滤波和相位解缠 11

B.3 相位加权叠加 11

B.4 相位转形变和地理编码 11

附录 C（资料性） 采煤沉陷区土地利用类型分类与遥感解译标志 12

附录 D（资料性） 采煤沉陷区卫星遥感动态监测成果报告提纲 14

D.1 概述 14

D.2 技术方法 14

D.3 监测流程 14

D.4 监测结果综合分析 14

D.5 结论与建议 14

参考文献 15

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由中国煤炭工业协会和全国遥感技术标准化技术委员会(SAC/TC 327)共同归口。

本文件起草单位：山东深蓝智谱数字科技有限公司、山东省标准化研究院、中国煤炭工业协会生产促进中心、山东省鲁南地质工程勘察院(山东省地质矿产勘查开发局第二地质大队)、山东能源集团有限公司、汶上义桥煤矿有限责任公司、神思电子技术股份有限公司、内蒙古双欣矿业有限公司、山西朔州平鲁区龙矿大恒煤业有限公司、中国矿业大学(北京)、新疆维吾尔自治区煤田地质局综合地质勘察队、山东农业大学、云南省遥感中心、山东省农业科学院、中煤科工重庆设计研究院(集团)有限公司、博兴县农业农村局、陕西长武亭南煤业有限责任公司、中煤天津设计工程有限责任公司、中国联合网络通信有限公司山东省分公司、通用技术集团工程设计有限公司、晋能控股装备制造集团有限公司、联通(山东)产业互联网有限公司、济宁矿业集团有限公司霄云煤矿、哈尔滨工程大学。

本文件主要起草人：宋志华、安洁、杨扬、陈洪年、陈奕宁、王春畅、王法中、薄怀志、孙翔、张凯、范德军、张志恒、张红月、于波、毛庆福、柳平增、李建忠、李宾、陈旭、史淑强、周波、丁鑫、闵万里、翟广庆、柳平增、孙文亮、黄彦锋、封文杰、陈超、杨丽萍、侯学会、王利欣、韩飞、付静、宋雪述、孙硕、张焱、程永新、崔航、王利、苏冠群。

采煤沉陷区卫星遥感动态监测技术规程

1 范围

本文件规定了利用卫星遥感技术对采煤沉陷区进行动态监测的数学基础、工作流程、前期准备、地表沉陷遥感监测、土地利用遥感监测、质量保障、监测成果要求。

本文件适用于利用卫星遥感技术对采煤沉陷区的地表沉陷和土地利用变化进行监测。

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 21010—2017 土地利用现状分类
GB/T 21740—2008 基础地理信息城市数据库建设规范
GB/T 33178—2016 国家基本比例尺地图 1：250 000 1：500 000 1：1 000 000 正射影像地图
GB/T 33179—2016 国家基本比例尺地图 1：25 000 1：50 000 1：100 000 正射影像地图
GB/T 41280—2022 卫星遥感影像植被覆盖度产品规范
GB/T 41282—2022 植被覆盖度遥感产品真实性检验
GB/T 41536—2022 土地覆被遥感产品真实性检验
GB/T 42251—2022 采矿沉陷区生态修复技术规程
GB/T 43934—2024 煤矿土地复垦与生态修复技术规范
GB/T 43935—2024 矿山土地复垦与生态修复监测评价技术规范
GB/T 44146—2024 基于 InSAR 技术的地壳形变监测规范
TD/T 1010—2015 土地利用动态遥感监测规程
TD/T 1055—2019 第三次全国国土调查技术规程

3 术语和定义

GB/T 14950、GB/T 42251—2022、GB/T 44146—2024 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

采煤沉陷区 coal mining subsidence area

因煤炭资源地下开采活动引起的地表沉降、移动和变形的区域。

注：一般按下沉 10.0 mm 点划定其范围。

[来源：GB/T 42251—2022，有修改]

3.2

遥感动态监测 dynamic monitoring by remote sensing

应用遥感技术，对同一目标或区域进行连续监测，以获取其动态变化信息的过程。

[来源：TD/T 1010—2015，3.6，有修改]

3.3

相干性 degree of coherence

雷达后向散射波之间的相关程度,通常用相关系数的幅度(或模)来定量表达。

[来源:CH/T 6006—2018,3.1.11]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DEM:数字高程模型(Digital Elevation Model)

D-InSAR:合成孔径雷达差分干涉测量(Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar)

GIS:地理信息系统(Geographic Information System)

InSAR:合成孔径雷达干涉测量(Interferometric Synthetic Aperture Radar)

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

SAR:合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar)

SBAS-InSAR:小基线集合成孔径雷达干涉测量(Small Baseline Subset InSAR)

SLC:单视复数影像(Single-Look Complex Image)

Stacking-InSAR:堆叠合成孔径雷达干涉测量(Stacking InSAR)

TS-InSAR:合成孔径雷达时序干涉测量(Time Series InSAR)

5 数学基础

采煤沉陷区卫星遥感动态监测的数学基础包括大地基准、高程基准及地图投影,具体规定如下:

- a) 大地基准:采用 2000 国家大地坐标系;
- b) 高程基准:采用 1985 国家高程基准;
- c) 地图投影:采用高斯-克吕格投影。

6 工作流程

采煤沉陷区卫星遥感动态监测包括地表沉陷遥感监测和土地利用遥感监测,监测工作流程见图 1。

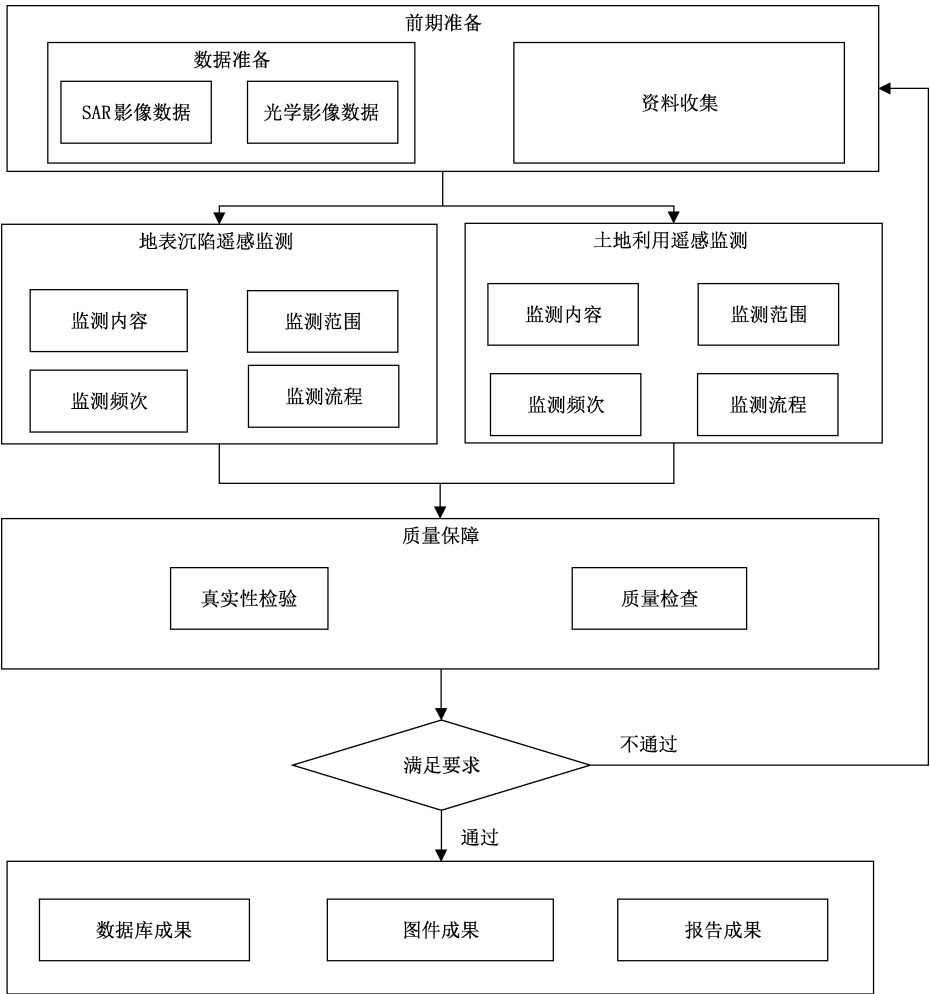


图 1 监测工作流程

7 前期准备

7.1 卫星遥感数据准备

7.1.1 SAR 影像数据

SAR 影像数据符合如下要求。

- a) 数据波段:应根据监测区地表覆盖情况选择合适的波段。若沉陷区地表植被较多,宜选择波长较长、穿透性强的 L 波段影像;若沉陷区为建筑物较多的城镇地区,宜选择波长较短的 X 波段影像;其他情况宜选择波长适中的 C 波段影像。
- b) 空间分辨率:根据矿山面积、分布及采煤沉陷区 10.0 mm 的范围要求,结合 SAR 影像成像幅宽,选择合适的 SAR 影像数据,SAR 影像分辨率应优于 20 m,可根据实际工作及数据获取情况选择高分辨率 SAR 影像,一般以 1 : 100 000 比例尺图件表达 InSAR 形变成果宜采用分辨率为 5 m~10 m 的 SAR 数据;以 1 : 250 000 比例尺图件表达 InSAR 形变成果宜采用分辨率为 15 m~30 m 的 SAR 数据。
- c) 影像质量:SAR 影像获取方式应一致,成像模式、极化方式、入射角等保持一致;数据格式应为

SLC 数据,获取范围应一致,相邻两景影像重叠率应不小于 15%。

7.1.2 光学影像数据

光学影像数据应符合:

- a) 数据时相:单期多景成像时间间隔不超 1 个月,不同年份的遥感影像月份一致;
- b) 数据波段:具有红、绿、蓝、近红外波段;
- c) 空间分辨率:根据不同的应用目的、监测范围大小等实际情况,选择 1 : 250 000、1 : 100 000、1 : 50 000、1 : 25 000 或 1 : 10 000 的比例尺,并按照 GB/T 33179—2016 第 5 章和 GB/T 33178—2016 第 5 章的规定选择对应空间分辨率的影像数据;
- d) 影像质量:纹理清晰,色调均匀,反差适中,无明显变形、噪声、条带,云覆盖量小于 15%且主要监测区无云覆盖。

7.2 资料收集

应收集的资料包括但不限于:

- a) 采煤沉陷区资料:包括沉陷区范围、采煤沉陷区治理工程资料等;
- b) 煤矿资料:包括采矿权边界、采掘工程平面图、井上井下对照图、矿山岩移观测数据等;
- c) 地面调查数据:包括沉陷区地物类别及地类分布等;
- d) 行政区划资料。

8 地表沉陷遥感监测

8.1 监测内容

包括采煤沉陷区的沉降量、沉降范围、沉降速率的变化情况。

8.2 监测范围

应覆盖采空区范围及其外扩 1 000 m 的区域。

8.3 监测频次

根据沉陷区沉陷特征、煤矿实际开采情况确定监测频次,一般 1 次/年。

8.4 监测流程

8.4.1 数据处理

根据采煤沉陷区动态监测需求、沉陷特征、收集的 SAR 影像数据量、数据时间间隔等因素确定监测方法,见表 1。

表 1 监测方法

监测方法	适用情况	数据要求	技术流程
D-InSAR	适用于时间间隔短、天气季节接近、SAR 数据量较少的情况	SAR 数据量不大于 4 期	按照 GB/T 44146—2024 第 8 章的规定执行

表 1 监测方法（续）

监测方法	适用情况	数据要求	技术流程
SBAS-InSAR	适用于植被覆盖度较高、数据量较大、监测精度要求较高的情况	根据空间基线和时间基线分成几个集合组，集合组内时间基线不宜超过 60 天，集合组大于 1 个，且集合组内 SAR 数据累计量至少 15 期	按照 GB/T 44146—2024 第 8 章的规定执行
PS-InSAR	适用于建筑密集区、植被覆盖度低、数据量较大、监测精度较高、时间间隔长、天气状况差异大的情况	集合组只有一个，集合组内数据累计量一般要求 25 期	按照 GB/T 44146—2024 第 8 章的规定执行
Offset-Tracking	沉降量达到或超过米级、时间间隔较长、失相干严重的沉陷区，宜选用 Offset-Tracking 方法监测沉陷盆地中心部位沉陷，同时利用 D-InSAR、TS-InSAR 方法（如 SBAS-InSAR、PS-InSAR）监测沉陷盆地边缘微小沉陷	SAR 数据空间分辨率宜优于 3 m，至少需要沉陷前后 2 期 SAR 数据，不依赖于两期影像的相干性	可参考附录 A 的流程执行
Stacking-InSAR	适用于有明显沉降、SAR 数据量较少的情况	无最低数据量要求，SAR 数据量越多，时间跨度越长，精度越高	可参考附录 B 的流程执行

8.4.2 采煤沉陷区沉降量提取

根据雷达入射角将视线向形变监测结果投影转换到垂直方向，转换公式见 GB/T 44146—2024 的 E.2。

采煤沉陷区矢量数据（包含采矿权范围、工作面、岩移观测点）需统一转换到 2000 国家大地坐标系下。将根据 8.4.1 方法得到的计算结果中的形变量栅格与矢量数据套合，提取形变量为负值的区域，分别绘制采煤沉陷区单期沉降量图、累计沉降量图，形成监测时间段内的采煤沉陷区时序沉降量图。

8.4.3 采煤沉陷区沉降范围提取

根据采煤沉陷区沉降量提取结果，以沉降量 10.0 mm 作为阈值，将沉降量超过 10.0 mm 的区域划定为采煤沉陷区范围，利用阈值分割法提取采煤沉陷区范围。利用 GIS 软件平台，统计沉陷区范围内的像素数量，结合像素分辨率计算采煤沉陷区沉降面积。

8.4.4 采煤沉陷区沉降速率提取

在影像数据量充分、包含足够时间序列的情况下，根据多时间点的沉降量进行时间序列分析。采用线性回归、时间序列模型等方法拟合沉降量与时间的变化关系，根据时间序列分析结果计算采煤沉陷区的沉降速率。宜以年为单位计算沉降速率。

9 土地利用遥感监测

9.1 监测内容

包括采煤沉陷区土地利用类型变化信息提取、土地复垦信息提取和植被覆盖度变化信息提取。

9.2 监测范围

应覆盖采空区范围及其外扩 1 000 m 的区域。

9.3 监测频次

按照 GB/T 43935—2024 第 7 章的要求,结合采煤沉陷区植被生长周期、复垦活动周期确定监测频次,宜为 1 次/年。采煤沉陷区植被变化信息提取时应选在植被生物量高峰时期,北方宜在 7 月~8 月,南方宜在 6 月~10 月。

9.4 监测流程

9.4.1 遥感影像预处理

对光学遥感影像进行预处理,包括正射纠正、影像匹配、镶嵌、增强等,具体步骤按照 TD/T 1010—2015 第 6 章的要求进行。

9.4.2 解译标志建立

根据采煤沉陷区的自然地带、地形地貌特征、植被类型及土地利用结构、分布规律与耕作方式等情况,按照 GB/T 21010—2017 第 5 章中土地利用现状分类确定采煤沉陷区解译标志类别,结合遥感影像解译及实地调查建立监测区典型地类解译标志(见附录 C)。建立解译标志应:

- a) 采用与监测所用影像分辨率一致的遥感影像,结合外业调查,建立解译标志;
- b) 按照 GB/T 43934—2024 第 6 章调查明确矿区土地利用类型,采煤沉陷区土地利用类型一般包括建设用地、耕地、林地、草地、水域、裸土等,还应包括煤矿特有的解译标志,如煤矿工业广场、煤矸石山、采煤沉陷积水区等,遥感影像特征包括时序特征、色调、几何特征等;
- c) 具有代表性、实用性和稳定性。

9.4.3 土地利用类型变化信息提取

在建立解译标志的基础上,以目视解译和计算机自动识别相结合的方式提取采煤沉陷区土地利用类型变化信息。土地利用类型分类体系应按照 GB/T 21010—2017 第 5 章的规定执行,在不改变分类基本含义的前提下,根据沉陷区的实际情况及监测需求,将不同的一级地类和二级地类有选择性地进行合并,一般将采煤沉陷区土地利用类型划分为建设用地、耕地、林地、草地、水域、裸土、采煤沉陷积水区、工业广场、煤矸石山等。采用多期光学遥感卫星影像提取土地利用类型信息,采用变化检测的方法,提取土地利用类型发生变化的地块,遵循以下步骤:

- a) 基于解译标志的变化图斑计算机自动识别,可采用支持向量机、随机森林、贝叶斯分类、BP 神经网络等方法,结合人机交互分析,对比分析影像的纹理、色调、形状、范围、土地利用类型等特征的变化情况;
- b) 通过人机交互,勾绘变化图斑边界,提取土地利用变化信息;
- c) 通过多期影像对比、辅助现场调查等方法区别自然水体和采煤沉陷积水区;
- d) 按照 TD/T 1055—2019 的规定进行土地利用调查,结合国土变更调查成果对采煤沉陷区土地

利用类型变化信息进行对比修正分析。

9.4.4 土地复垦信息提取

结合基准影像、土地利用类型变化信息监测成果,采用分类结果比较法,利用 GIS 软件平台进行空间叠加分析,结合采煤沉陷区土地复垦项目资料,提取采煤沉陷区土地复垦信息。按照 GB/T 43935—2024 中第 6 章的规定,提取的采煤沉陷区土地复垦信息应包括复垦前后采煤沉陷区的土地利用类型、范围、面积,通过资料分析和现场调查,获取土地复垦项目的永久基本农田、复垦林地、复垦草地、自然保护地、地表水环境、植被生态状况等。

9.4.5 植被覆盖度变化信息提取

结合基准影像、监测区土地利用类型变化信息监测成果,按照 GB/T 41280—2022 中附录 A 的植被覆盖度估算方法,选取合适的植被指数按照时间序列估算多期采煤沉陷区植被覆盖度,利用 GIS 软件平台进行空间叠加和比较分析,提取植被覆盖度的变化信息,获取采煤沉陷区植被覆盖度变化信息。

10 质量保障

10.1 真实性检验

10.1.1 地表沉陷遥感监测真实性检验

应符合 GB/T 44146—2024 第 9 章的规定。

10.1.2 土地利用遥感监测真实性检验

应符合 GB/T 41536—2022 第 5 章的规定。

10.1.3 植被覆盖度变化信息提取真实性检验

应符合 GB/T 41282—2022 第 5 章的规定。

10.2 质量检查

10.2.1 地表沉陷遥感监测成果质量检查

地表沉陷遥感监测成果质量检查应符合 GB/T 44146—2024 第 9 章的规定,根据 10.1.1 获取的真实性检验结果应满足既定要求。监测成果质量如未达到既定要求,需综合分析原因及存在问题,并提交检查工作报告;如无法确定原因,应重新获取数据或选择其他数据来源,更换处理方法,进行返工处理,直至成果满足要求。

10.2.2 土地利用遥感监测成果质量检查

土地利用遥感监测成果质量检查应符合 GB/T 41536—2022 第 5 章的规定,根据 10.1.2 获取的真实性检验结果应满足既定要求。还需充分检查图斑分类的正确性,包括相邻区域分类的一致性,检查土地利用类型变化区域、土地复垦信息提取结果、土地复垦信息提取结果是否有多余或遗漏;如未达到既定目标要求,需综合分析原因及存在问题,并提交检查工作报告;如无法确定原因,应重新获取数据或选择其他数据来源,更换处理方法,进行返工处理,直至成果满足要求。

10.2.3 植被覆盖度变化信息提取成果质量检查

植被覆盖度变化信息提取成果质量检查应符合 GB/T 41282—2022 第 5 章的规定,根据 10.1.3 获

取的真实性检验结果应满足既定要求。成果质量如未达到既定要求,需综合分析原因及存在问题,并提交检查工作报告;如无法确定原因,应重新获取数据或选择其他数据来源,更换处理方法,进行返工处理,直至成果满足要求。

11 监测成果要求

11.1 数据库成果建设要求

采煤沉陷区卫星遥感动态监测所获得的各类数据、图表和文档成果,应经检查并按数据库要求格式进行系统整理后,输入数据库,数据库建设要求应符合 GB/T 21740—2008 的第 7 章的规定。

- a) 数据库内容:包含采煤沉陷区沉降成果数据、采煤沉陷区土地利用成果数据、采煤沉陷区沉陷监测成果图件、采煤沉陷区土地利用成果图件、采煤沉陷区成果报告文档。
- b) 数据库数据类型:包含矢量数据、栅格数据及文本数据。

11.2 图件成果制作要求

采煤沉陷区卫星遥感动态监测图件成果包括采煤沉陷区地表沉陷遥感监测图件成果和土地利用遥感监测图件成果,制作要求如下:

- a) 采煤沉陷区地表沉陷遥感监测图件成果制作应符合 GB/T 44146—2024 第 10 章的规定;
- b) 采煤沉陷区土地利用遥感监测图件成果制作应符合 TD/T 1010—2015 第 10 章的规定。

11.3 报告成果编制要求

采煤沉陷区卫星遥感动态监测报告应按照任务要求和设计规定编制,对所开展的工作进行系统总结,对取得的成果进行综合评价。成果报告提纲可参考附录 D。

附录 A
(资料性)

Offset-Tracking 数据处理技术流程

A.1 影像配准

选取拍摄时间早的影像为主影像,拍摄时间晚的影像为副影像,利用卫星轨道信息将两幅影像进行粗配准,在稳定区域等间隔进行互相关匹配,获取这些影像块中心像元的互相关系数和初始偏移量。按照如下步骤进行:

- a) 设置互相关系数阈值;
- b) 选取互相关系数大于阈值的影像块的中心像元,被选取的像元偏移量为两幅影像的初始偏移量 $O_{initial}$;
- c) 选择配准算法,进行配准计算。

A.2 互相关计算

按照一定步长对整幅影像的部分或全部像元进行互相关计算,获取整幅影像的总偏移量 O_{total} 。总偏移量 O_{total} 由五部分组成,见公式(A.1):

$$O_{total} = O_{def} + O_{orbit} + O_{topo} + O_{atm} + O_{noise} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- O_{total} ——整幅影像的总偏移量,单位为米(m);
- O_{def} ——由地表形变引起的偏移量,单位为米(m);
- O_{orbit} ——由两景影像轨道差异引起的偏移量,单位为米(m);
- O_{topo} ——由地形起伏引起的偏移量,单位为米(m);
- O_{atm} ——由对流层延迟和电离层波动引起的偏移量,单位为米(m);
- O_{noise} ——其他噪声因素引起的偏移量,单位为米(m)。

A.3 轨道、大气和地形引起的偏移量计算

估算轨道、大气和地形引起的偏移量, O_{orbit} 、 O_{topo} 、 O_{atm} 的估算公式(A.2)、公式(A.3)、公式(A.4):

$$O_{orbit} = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- O_{orbit} ——由两景影像轨道差异引起的偏移量,单位为米(m);
- a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 ——双线性函数的四个系数;
- x 、 y ——像元位置。

$$O_{orbit} + O_{atm} = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- O_{orbit} ——由两景影像轨道差异引起的偏移量,单位为米(m);
- O_{atm} ——由对流层延迟和电离层波动引起的偏移量,单位为米(m);
- b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 、 b_5 ——二次多项式函数的六个系数;
- x 、 y ——像元位置。

$$O_{topo} = c_0 + c_1(h - \bar{h}) + c_2(h - \bar{h})^4 \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

O_{topo} ——由地形起伏引起的偏移量,单位为米(m);

c_0 、 c_1 、 c_2 ——二次多项式函数的三个系数;

h ——像元的高程值,单位为米(m);

$\bar{h}$ ——研究区域内的高程均值,单位为米(m)。

A.4 地表形变偏移量计算

在估算轨道、大气和地形引起的偏移量之后,利用公式(A.1)计算得到包含噪声的地表形变引起的偏移量,通过普通滤波方法去除随机噪声,并对得到的形变值进行地理编码,得到地表形变偏移量。

附 录 B
(资料性)

Stacking-InSAR 数据处理技术流程

B.1 时空基线阈值设置

综合考虑收集到的 SAR 影像数据量和时间分布情况,合理设置时空基线阈值。

B.2 差分干涉图生成、滤波和相位解缠

对生成的每一对差分干涉图进行滤波和相位解缠处理,处理方法按 GB/T 44146—2024 中 8.2.2.3~8.2.2.10 的规定执行。

B.3 相位加权叠加

以干涉对时间间隔为权值估算形变相位的平均变化速率,计算见公式(B.1)。

$$V_i = \sum_{i=1}^N w_i \cdot ph_i / \sum_{i=1}^N w_i, w_i = \Delta T_i^2 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- V_i ——第 i 幅干涉图的相位变化速率,单位为毫米每年(mm/年);
- N ——干涉图数量;
- w_i ——第 i 幅干涉图的权;
- ph_i ——第 i 幅干涉图解缠相位,单位为弧度(rad);
- ΔT_i ——第 i 幅干涉图的成像时间间隔,单位为天(d)。

B.4 相位转形变和地理编码

相位转形变和地理编码按 GB/T 44146—2024 中 8.2.2.11~8.2.2.12 的规定执行。

附 录 C
(资料性)

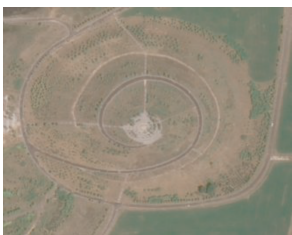
采煤沉陷区土地利用类型分类与遥感解译标志

采煤沉陷区土地利用类型分类与遥感解译标志见表 C.1。

表 C.1 土地利用分类与遥感解译标志

土地利用类型	编码	解译标志(真彩色)	遥感影像真彩色特征	备注
建设用地	1		呈现蓝色、红色等混合颜色,纹理粗糙,边界清晰,形状多不规则,没有明显的季节时相变化特征,但在以年为单位的时间尺度上可能有变化	城市、村庄等统归为建设用地
耕地	2		绿色,纹理较均匀,分布规则有田垄特征,常被道路分割成网状,且有明显季节变化特征	水田、水浇地和旱地等统归为耕地
林地	3		绿色,纹理粗糙,分布不规则,但有行列特征,相较耕地有明显高差,边缘有阴影,有明显季节变化特征	林地、灌木林、疏林地、未成林造林地和苗圃等统归为林地
草地	4		浅绿色,纹理较均匀,一般分布广,形状不规则,有季节变化特征	草原、稀树草原、草甸、草本沼泽、灌草丛、荒漠等统归为草地
水域	5		绿色或浅蓝色,纹理均匀,没有明显的季节时相变化,且边缘相对比较固定	河流、湖泊等统归为水域

表 C.1 土地利用分类与遥感解译标志（续）

土地利用类型	编码	解译标志(真彩色)	遥感影像真彩色特征	备注
裸土	6		黄色或黄白色,纹理细腻,但季节和年份变化不固定	表层为土质、岩石或石砾,基本无植被覆盖的土地
采煤沉陷积水区	7		一般呈椭圆形,有明显的水-陆过渡带,深蓝色或深绿色,纹理均匀,没有明显的季节时相变化	采煤沉陷后,受到地下水渗流和大气降水的耦合影响,形成的积水区
治理后的采煤沉陷积水区	8		一般呈方形,深蓝色或深绿色,纹理均匀,没有明显的季节时相变化,分布规则,有地块特征,常被道路分割成网状	对沉陷积水区进行人工整治形成的人工湿地、池塘等
采煤沉陷季节性积水区	9		一般呈不规则扩散形,随季节变化呈现褐色、深褐色、深绿色或深蓝色,轮廓不清晰。有明显季节变化特征	采煤塌陷地中随着季节交替在短期内出现地表积水现象的区域,一般在夏季丰水期出现地表积水
煤矸石山	10		一般呈圆形,灰色或淡绿色,纹理粗糙,有车道痕迹,存在明显季节特征	由煤矸石堆积成锥形或脊形煤矸石山,由含碳黏土岩类砂岩一粉砂岩类钙质岩石类和铝质岩类等组成,一般位于煤矿工业广场附近
煤矿工业广场	11		具有清晰的轮廓,形状较为规则,多为矩形或条带型排布。广场建筑区的建筑物多为蓝、白、灰色	大型矿区的建筑物排列整齐,小型矿区建筑物规模小且松散,多为简陋工棚或独立的小型房屋

附 录 D

(资料性)

采煤沉陷区卫星遥感动态监测成果报告提纲

D.1 概述

说明监测区地理位置、行政区划、矿山基本情况、自然地理条件、气候概况、交通条件、完成的工作量及质量评述。

D.2 技术方法

说明监测目的、任务、采用的主要技术方法、监测技术路线等情况。

D.3 监测流程

D.3.1 遥感数据说明

包括数据类型、数据来源、数据质量要求,包括分辨率、数据量等。其中,SAR 影像数据还需说明时空基线、入射角、轨道等;光学影像数据需说明云量、影像波段等。

D.3.2 监测区地表沉陷遥感监测

包括 SAR 数据预处理、监测区沉陷监测方法选择、监测方法对应的具体流程、监测过程中进行数据处理时采用的关键参数、精度评价等。

D.3.3 监测区土地利用遥感监测

包括光学影像数据预处理、监测区土地利用监测具体流程、监测过程中进行数据处理时采用的关键参数、精度评价等。

D.3.4 数据处理结果

包括监测得到的地表沉陷监测结果及土地利用监测结果说明。

D.4 监测结果综合分析

D.4.1 监测区地表沉陷结果分析

包括监测区域沉降量、沉降范围、沉降速率等。

D.4.2 监测区土地利用结果分析

包括监测区域土地利用情况、土地利用变化情况、土地复垦情况、植被覆盖度信息变化情况等。

D.5 结论与建议

D.5.1 取得的主要结论

给出监测区域遥感监测、评价、预测结果。

D.5.2 存在的问题与建议

根据监测结果分析监测区现状及发展趋势,有针对性地提出监测区域保护治理等方面的建议措施。

参 考 文 献

[1] GB/T 15968 遥感影像平面图制作规范

[2] GB/T 29391 岩溶地区草地石漠化遥感监测技术规程

[3] GB/T 32874 机载 InSAR 系统测制 1 : 10 000 1 : 50 000 3D 产品技术规程

[4] GB/T 37574 采煤塌陷区水资源环境调查与评价方法

[5] GB/T 39613 地理国情监测成果质量检查与验收

[6] GB/T 40527 数字航天摄影测量 测图规范

[7] GB/T 42251 采矿沉陷区生态修复技术规程

[8] GB/T 42988 多源遥感影像网络协同解译

[9] GB 51044 煤矿采空区岩土工程勘察规范

[10] CH/T 6006 时间序列 InSAR 地表形变监测数据处理规范

[11] CH/T 9008.2 基础地理信息数字成果 1 : 500、1 : 1 000、1 : 2 000 数字高程模型

[12] DZ/T 0287—2015 矿山地质环境监测技术规程

[13] NB/T 10533—2021 采煤沉陷区治理技术规范

[14] DD 2014-11 地面沉降干涉雷达数据处理技术规程

[15] GDPJ 06—2013 遥感影像解译样本数据技术规定

[16] T/CAGHP 013 地质灾害 InSAR 监测技术指南(试行)
