JTG

中华人民共和国行业推荐性标准

JTG/T ××××—××××

公路遥感监测技术规范

Technical Specification for Highway Monitoring by Remote Sensing

（征求意见稿）

征求意见稿

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国行业推荐性标准

公路遥感监测技术规范

Technical Specification for Highway Monitoring by Remote Sensing

JTG/T ××××—××××

征求意见稿

主编单位：中交第二公路勘察设计研究院有限公司
中国交通通信信息中心
批准部门：中华人民共和国交通运输部
实施日期：202×年××月××日

人民交通出版社有限公司

前　言

根据交通运输部《关于下达2019年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》（交公路函[2019]427号文）的要求，由中交第二公路勘察设计研究院有限公司作为第一主编单位、中国交通通信信息中心作为第二主编单位，承担《公路遥感监测与分析技术规范》（JTG/T ××××—××××）（以下简称“本规范”）的制订工作。

随着我国综合交通运输进入新的发展阶段，公路交通基础设施网络日趋完善，实施公路监测与分析成为提升公路管理和服务水平的技术关键。遥感具有多时间序列重复观测、覆盖范围宽广、不受地形交通条件限制、信息客观准确等技术优势，应用遥感技术实施公路监测与分析，对提升公路运行效率与效能，提高公路交通发展质量，贯彻新时代交通发展要求具有十分重要的意义。为科学、合理地确定公路遥感监测技术指标，统一指导工程实践，本规范在全面总结、吸收国内外公路遥感监测及相关领域的最新应用成果与工程实践经验基础上，结合行业特点编制而成。

本规范共分为7章和3个附录，分别是：1总则、2术语、3资料搜集与技术计划制定、4公路遥感监测方法、5公路基础信息遥感监测、6公路工程运营遥感监测、7公路灾害应急遥感监测；附录A形变速率值对应分级设色图例表、附录B地质灾害解译标志和附录C地质灾害地表变形监测网点布设。

本规范由　　负责起草第1章，　　负责起草第2章，　　负责起草第3章，负责起草第4章，　　负责起草第5章，　　负责起草第6章，　　负责起草第7章，　　负责起草附录A，　　负责起草附录B，　　负责起草附录C。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规范日常管理组，联系人：余绍淮（地址：武汉市经济技术开发区创业路18号，中交第二公路勘察设计研究院有限公司，邮编：430056；电话：13871287479；传真：027-84214349；电子邮箱：yushaohuai@163.com），以便下次修订时参考。

主 编 单 位：中交第二公路勘察设计研究院有限公司

中国交通通信信息中心

征求意见稿

参 编 单 位：

主　　编：

主要参编人员：

主　　审：

参与审查人员：

参 加 人 员：

征求意见稿

目 次

1 总则 ..... - 1 -
2 术语 ..... - 2 -
3 资料搜集与技术计划制定 ..... - 6 -
3.1 资料搜集 ..... - 6 -
3.2 资料分析 ..... - 7 -
3.3 技术设计书的编写 ..... - 7 -
3.4 技术总结的编写 ..... - 8 -
4 公路遥感监测方法 ..... - 9 -
4.1 一般规定 ..... - 9 -
4.2 遥感数据选择 ..... - 9 -
4.3 遥感数据处理 ..... - 10 -
4.4 遥感解译 ..... - 13 -
4.5 InSAR 监测 ..... - 13 -
4.6 GNSS 监测 ..... - 16 -
5 公路基础信息遥感监测 ..... - 19 -
5.1 一般规定 ..... - 19 -
5.2 公路路网遥感监测 ..... - 19 -
5.3 交通工程及沿线设施遥感监测 ..... - 22 -
5.4 质量检查 ..... - 23 -
5.5 成果提交 ..... - 24 -
6 公路工程运营遥感监测 ..... - 25 -
6.1 一般规定 ..... - 25 -
6.2 路面病害遥感监测 ..... - 25 -
6.3 路基沉降遥感监测 ..... - 27 -
6.4 公路边坡遥感监测 ..... - 28 -
6.5 公路桥梁遥感监测 ..... - 30 -
6.6 公路隧道遥感监测 ..... - 32 -
6.7 成果提交 ..... - 33 -

征求意见稿

7 公路灾害应急遥感监测 - 35 -

7.1 一般规定 - 35 -

7.2 公路地质灾害遥感解译 - 35 -

7.3 公路地质灾害遥感监测 - 37 -

7.4 公路灾害损毁遥感监测 - 39 -

7.5 公路灾害应急抢通遥感监测 - 41 -

7.6 成果提交 - 42 -

附录 A 形变速率值对应分级设色图例表 - 44 -

附录 B 地质灾害解译标志 - 45 -

附录 C 地质灾害地表变形监测网点布设 - 47 -

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为适应公路交通养护管理与技术发展的需要，统一公路遥感监测技术标准，推动公路遥感监测技术应用，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于公路工程养护管理过程中的遥感监测与分析，具体包括公路基础信息遥感监测、公路工程运营遥感监测、公路灾害应急遥感监测。

其他以遥感技术进行监测与分析的亦可参照本《规范》有关规定执行。

1.0.3 公路遥感监测的数学基础应符合下列规定：

1 大地基准宜采用 2000 国家大地坐标系。

2 高程基准宜采用 1985 国家高程基准，对竖向精度要求较高的 InSAR、GNSS 监测可直接采用大地高。

3 投影方式宜采用高斯—克吕格（Gauss-Kruger）投影，应满足监测区内投影长度变形值不大于 25mm/km。成图比例尺大于等于 1:10000 时，宜采用 3°分带；成图比例尺小于 1:10000 时，宜采用 6°分带；监测区范围较小时，可采用任意经度作为中央经线。

4 当监测区跨带时，应进行换带处理，以面积较大的区域为基准，统一到一个分带之中。

5 对于同一监测区采用不同的监测方法宜统一数学基础。

1.0.4 公路遥感监测工作应与其他监测手段密切配合，同一监测区采用多种技术方法取得的监测成果，应相互对比、验证及修正后综合利用。

1.0.5 本规范采用中误差作为评定精度的指标，2 倍中误差为极限误差。

1.0.6 公路遥感监测除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

征求意见稿

2 术语

2.0.1 遥感 remote sensing (RS)

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。

2.0.2 传感器 sensor

收集、探测、记录遥感对象的电磁波辐射、反射或散射特性的器件或装置。

2.0.3 数学基础 mathematic base highway

为控制地图地理要素分布位置和几何精度，由一定数学法则构成的基础，包括大地基准、高程基准、地图投影、比例尺等。

2.0.4 全球导航卫星系统 global navigation satellite system (GNSS)

提供全天候的三维坐标、速度、时间或通信信息的天基无线电导航定位系统。

2.0.5 主要公路 main highway

指技术等级为高速公路、一级公路，或行政等级为国道、省道的公路。

2.0.6 农村公路 rural highway

年平均日设计交通量小于或等于 1000 辆小客车的公路。

2.0.7 元数据 metadata

关于数据的数据，即数据的标识、覆盖范围、质量、空间和时间模式、空间参照系和分发等信息。

2.0.8 空间分辨率 spatial resolution

遥感图像像元对应的地面范围，一般以其长度或宽度表示。空间分辨率不大于 1m 的遥感图像为高空间分辨率遥感图像；空间分辨率大于 1m，且小于 10m 的遥感图像为中空间分辨率遥感图像；空间分辨率不小于 10m 的遥感图像为低空间分辨率遥感图像。

2.0.9 时间分辨率 temporal resolution

征求意见稿

覆盖同一区域的相邻两次遥感图像的采集时间间隔。

2.0.10 时相　time

遥感传感器获取数据的时间。

2.0.11 光学遥感　optical remote sensing

一般指传感器工作波段限于可见光波段范围（0.38μm~0.76μm）的遥感技术。本规范指传感器工作波段介于 0.38μm~15μm 之间的遥感技术，含可见光、近红外、中波红外、热红外等波段范围。

2.0.12 三维激光扫描　light detection and ranging　(LiDAR)

发射激光束并接收回波获取目标三维信息的系统。

2.0.13 合成孔径雷达　synthetic aperture radar　(SAR)

以多普勒频移理论和雷达相干为基础，综合处理雷达回波振幅和相位数据的遥感系统。

2.0.14 合成孔径雷达干涉测量　interferometric synthetic aperture radar　(InSAR)

对合成孔径雷达在不同空间位置获取同一地区单次或多次观测数据的相位差等信息进行分析处理，获取三维地形信息的技术。

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

从两次及以上 SAR 数据的干涉相位中去除地形相位，提取地表几何形变信息的技术。

2.0.16 干涉图　interferogram

干涉测量中，配准后的两景合成孔径雷达图像对应像素值进行复共轭相乘得到的复图像。

2.0.17 永久散射体　permanent scatterer　(PS)

在长时间跨度 InSAR 图像序列中稳定的天然反射体。

2.0.18 永久散射体合成孔径雷达干涉测量　(PS-InSAR)

对长时间序列 SAR 图像集中的永久散射体进行时间和空间域变形量计算，

征求意见稿

以提取高精度时序变形信息的干涉测量方法。

2.0.19 短基线集合成孔径雷达干涉测量 small baseline subsets InSAR (SBAS-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。

2.0.20 点目标 point target

SAR 图像中具有稳定、后向散射特性强的像元。这些像元的后向散射中存在一个占主导地位的散射体，其散射信号在很长时间范围内都能保持较高的干涉相对性。点目标的地物类型主要包括路灯、烟囱、广告牌、桥梁、大坝、建筑物等人工构筑物及裸露的岩石等自然目标。

2.0.21 角反射器 corner reflector (CR)

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反射装置。

2.0.22 空间基线 spatial baseline

同一地区两景 SAR 图像上同名点在卫星轨道上的连线。

2.0.23 时间基线 temporal baseline

同一地区两景重复轨道 SAR 图像的时差。

2.0.24 单视复图像 single look complex (SLC)

SAR 图像的每一像素不仅包含反映地表雷达波后向散射强度的灰度值，还包含与雷达斜距有关的相位值，这两个信息分量可用一个复数来表达，因此，SAR 图像常被称为复图像。通常原始成像的 SAR 图像方位向和距离向视数均为 1 视，故称为单视复图像。

2.0.25 有理函数模型 rational function model (RFM)

通过有理函数构建物方点与卫星图像像方点的空间几何关系的数学模型。

2.0.26 数字高程模型 digital elevation model (DEM)

征求意见稿

以规则格网点的高程值表达地表起伏的数据集。

2.0.27 数字正射影像图 digital orthophoto map (DOM)

经过正射投影改正的影像图。

2.0.28 影像特征 image feature

影像的几何形态、大小、图案、色彩或色调、纹理、阴影、位置和布局等。

2.0.29 解译标志 interpretation mark

光学遥感图像中可以用来区分相邻物体或确定物体属性的波谱特征和空间特征。如：色调、色彩和阴影；结构与构造；形状、大小和高低；地形与地貌；特定的空间位置以及与周围地物的相关关系等。

2.0.30 遥感解译 remote sensing interpretation

在光学遥感图像中识别和圈定某种影像、赋予特定属性和内涵以及测量特征参数的过程。

2.0.31 遥感地质解译 remote sensing geology interpretation

以光学遥感图像为信息源，以地质体、地质构造和地质现象对电磁波谱响应的特征影像为依据，通过遥感解译提取地质要素信息、测量地质参数、编制地质图件和研究地质问题。

征求意见稿

3 资料搜集与技术计划制定

3.1 资料搜集

3.1.1 公路遥感监测应搜集监测区公路信息基础资料、地形资料、地质资料和遥感资料。

3.1.2 公路信息基础资料搜集应符合下列规定：

1 应搜集监测区主要公路的行政等级、技术等级、路线编号、路线名称、路基防护、路面结构及桥梁、隧道、涵洞、房建设施等公路基本资料。

2 应搜集监测区主要公路防落网、防雪（沙）栅、服务区、停车区、收费站、养护站等交通安全设施、服务设施和管理设施资料。

3 宜搜集监测区主要公路养护、检测和交通状况等公路管理业务资料。

4 宜搜集监测区公路交通规划、公路工程建设等公路相关信息。

3.1.3 地形资料搜集应符合下列规定：

1 应搜集监测区地形图、DEM 等地形资料，比例尺宜不小于遥感监测专题图成图比例尺。

2 宜搜集相应比例尺的数字化产品及其元数据。

3 宜搜集监测区平面控制点、高程控制点、卫星定位测量控制点和其他测量控制点的位置、属性及点之记等控制点数据。

条文说明

地形图元数据包括图名图号、生产日期、空间参考系、数据源、图廓角点坐标、接边图名称、接边情况等描述性数据。

3.1.4 地质资料搜集应符合下列规定：

1 应搜集监测区地质灾害资料、地质灾害防治规划资料和历史地震资料。

2 宜搜集监测区主要公路工程建设过程中的工程地质勘察报告等各类图件及相应的文字资料。

3 宜搜集区域地质调查报告、地质图等区域地质资料，比例尺宜不小于1:50,000。

4 宜搜集区域水文及水文地质相关资料。

3.1.5 遥感资料搜集应符合下列要求：

征求意见稿

1 应搜集监测区存档卫星图像数据及其元数据。

2 宜搜集监测区大比例尺彩色航空遥感图像及其相关航摄资料。

3 宜搜集监测区三维激光扫描等其他遥感资料及其说明资料。

条文说明

遥感图像元数据包括传感器类型、数据内容、采集时间、空间分辨率、数据格式、覆盖范围、质量状况和其他特性等描述性数据。

3.2 资料分析

3.2.1 应分析公路信息基础资料的数据类型、采集时间、数据可靠性、现势性和可利用程度。

3.2.2 应分析地形资料、地质资料的覆盖范围、生产时间、平面坐标系统、高程系统和可使用程度。

3.2.3 应分析存档遥感资料的数据类型、覆盖范围、传感器参数、采集时间、空间分辨率、数据质量及能达到的精度和现势性。

3.3 技术设计书的编写

3.3.1 应根据公路遥感监测内容和技术要求，结合区域地形、地貌条件和地质环境条件编制技术设计书。

3.3.2 技术设计书应做到目的任务明确、依据充分，工作部署得当、技术方法合理、保障措施完备，并应包含下列内容：

1 应说明公路遥感监测的目的、意义、范围、主要监测内容及预计工作量；

2 应说明监测区地形、地貌和地质环境条件、水文概况及以往工作程度；

3 应说明公路遥感监测执行的主要技术标准和技术要求；

4 应说明公路遥感监测的主要技术流程和作业方法；

5 应说明公路遥感监测的进度计划与任务分工；

6 应说明公路遥感监测成果的质量检查与控制措施；

7 应说明公路遥感监测的预期提交成果。

3.3.3 对于常规性公路遥感监测项目，在工作内容、工作量、时间节点等主要技术要求不变的情况下，可沿用原有技术设计，不再重新编制技术设计书。

征求意见稿

3.4 技术总结的编写

3.4.1 公路遥感监测工作完成后，应结合技术设计书对公路遥感监测工作进行总结，并编写技术总结。

3.4.2 技术总结应做到内容全面、详实准确、重点突出，并应包含下列内容：

1 应说明遥感监测的工作概况，监测区工作范围，以往工作成果；

2 应说明监测区的地形地貌条件与地质环境条件，监测对象现状和特征；

3 应说明遥感监测的主要技术标准和技术要求；

4 应说明遥感监测的主要技术流程和作业方法；

5 应说明遥感监测的主要数据成果及专题图件；

6 应说明遥感监测成果的综合分析与动态特征，监测对象现状与发展趋势；

7 应说明遥感监测成果的质量检查与验收情况；

8 应说明遥感监测的主要结论和下阶段工作建议。

征求意见稿

4 公路遥感监测方法

4.1 一般规定

4.1.1 公路遥感监测应包括遥感数据选择、遥感数据处理、公路遥感监测与分析工作。

4.1.2 应根据公路遥感监测的工作内容、工作方案及技术要求，选择合适的公路遥感监测技术方法。

4.1.3 遥感数据的时间和空间范围应大于公路遥感监测范围，并应考虑到监测对象的特性、遥感数据的采集特点等因素，进行适当外扩。

4.1.4 遥感数据文件格式应满足通用遥感图像处理软件的要求。

4.2 遥感数据选择

4.2.1 遥感数据选择应包括遥感数据类型选择、空间分辨率选择和时间分辨率选择。

4.2.2 遥感数据类型选择应符合下列规定：

1 宜选择多源、多光谱光学遥感图像进行遥感解译。

2 宜选择多时相 SAR 卫星图像进行地表沉降与结构变形监测。

3 当需要生产 DEM 或量测对象的高度、细节、分布等进行详细分析时，宜选择立体像对图像或三维激光扫描数据。

4.2.3 空间分辨率选择应符合下列规定：

1 应根据公路遥感监测的具体要求选择合适的空间分辨率。

2 空间分辨率应满足公路遥感监测专题图的成图需要，并宜符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 成图比例尺对应的遥感图像空间分辨率(m)

成图比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:50000
空间分辨率	≤0.05	≤0.1	≤0.2	≤0.5	≤1	≤5

4.2.4 时间分辨率选择应根据公路遥感监测的具体要求，选择满足监测时段要

征求意见稿

求的多时相遥感图像。

4.2.5　光学遥感图像质量检查应符合下列规定：

1 遥感图像不应出现周期性条纹、亮线、斑点及周期性像素偏移、错行或部分行、列数据缺失状况。

2 遥感图像的云、雪覆盖应少于 5%，且不能覆盖重要地物。

3 相邻两景卫星遥感图像宜有不小于图像宽度 4%的重叠。

4 卫星遥感图像侧视角山区宜不大于 16°，平原地区宜不大于 20°。

5 组成立体像对的两个单景卫星遥感图像宜为相同传感器采集。

6 航空遥感图像的航向重叠应不少于 60%，旁向重叠应不少于 30%，相邻像片的航高差应小于 30m，航线的弯曲率应小于 3%。

4.2.6　SAR 图像质量检查应符合下列规定：

1 SAR 图像应为 SLC 数据。

2 SAR 图像的获取方式应一致，应具有相同的成像模式、入射角和极化方式等。

3 SAR 图像获取范围应一致，上下或左右偏移量应小于总行数或总列数的 25%。

4 同轨上下相邻或相邻轨道左右相邻两景 SAR 图像的重叠率应大于等于 10%。

5 相邻轨道 SAR 图像的获取时段与间隔应一致。

4.3　遥感数据处理

4.3.1　遥感数据处理应包括光学卫星遥感图像处理、光学航空遥感图像处理、SAR 卫星图像处理和三维激光扫描数据处理。

4.3.2　光学卫星遥感图像处理应符合下列规定：

1 应对遥感图像进行传感器校正、大气校正、太阳高度角和地形校正等辐射校正处理。

2 应选择波段间相关性小、标准偏差大、能突出监测目标信息的波段图像进行波段合成。

3 应对不同波段或不同传感器遥感图像进行配准处理。配准误差应小于 1/2 个像元，山地可适当放宽至 1 个像元。

4 宜采用物理模型或有理函数模型对遥感图像进行正射校正处理，平地、丘陵地可采用三次多项式模型进行几何校正处理。校正误差应小于 1/2 个像元，山

征求意见稿

地可适当放宽至 1 个像元。

5 宜对全色图像和多光谱图像进行图像融合处理，用于融合的两景图像的空间分辨率不宜超过 4 倍。

6 宜对相邻两景遥感图像进行数字镶嵌处理。镶嵌后的遥感图像应灰度、色调协调，不应出现漏洞、不应有明显的镶嵌痕迹。

4.3.3 光学航空遥感图像处理应符合下列规定：

1 应对遥感图像进行数据格式转换、相机畸变差改正、图像增强等预处理。

2 应利用遥感图像处理系统对遥感图像进行空中三角测量。

3 应利用空中三角测量成果或图像内外方位元素定向参数以及 DEM 数据对遥感图像进行数字微分纠正。纠正后的遥感图像不应有拉伸和扭曲现象。

4 应对数字微分纠正后的遥感图像进行匀色、镶嵌等图像处理。镶嵌后的遥感图像应灰度、色调协调，不应出现漏洞、不应有明显的镶嵌痕迹。

5 宜利用空中三角测量成果恢复立体模型，进行 DEM 生产及立体遥感解译与信息提取。

4.3.4 SAR 卫星图像处理应符合下列规定：

1 应计算 SAR 像对的时间和空间基线，选择满足空间基线和时间基线要求的 SAR 像对。

2 应进行 SAR 像对的过采样和预滤波处理。

3 应进行 SAR 像对的配准处理。图像配准精度方位向应不低于 1/8 个像元，距离向应不低于 1/5 个像元。

4 应将 DEM 数据与 SAR 像对的主影像进行配准，配准精度应优于 1/2 个像元。DEM 数据覆盖范围应大于 SAR 图像范围，格网间隔与干涉图分辨率相差宜不超过 5 倍，高程精度宜优于 15m。

5 应进行干涉图生成。对于空间基线较大的干涉像对应进行距离向频域滤波，以消除距离向频谱偏移。

6 应基于轨道参数计算平地相位，通过距离向和方位向的条纹频率估算残余平地相位。

7 应利用配准后的 DEM 数据，计算地形相位，并从干涉图中去除平地相位和残余平地相位，生成差分干涉相位。

8 应采用合适的滤波方法进行差分干涉相位图滤波。

9 应采用合适的相位解缠方法进行差分干涉相位解缠。

4.3.5 三维激光扫描数据处理应符合下列规定：

1 应利用地面 GNSS 基准站和机载/车载差分 GNSS 数据进行联合差分计算，

征求意见稿

精确确定系统轨迹。

2 应利用系统的轨迹数据、姿态数据和激光测距数据进行联合处理，获得离散的激光点云数据。

3 应对激光点云数据进行滤波与分类处理，将地面点、建筑物点、植被点等进行分离。

4 应利用坐标转换和分类处理完成后的地面类激光点云数据，构建 DEM。

5 应对机载三维激光扫描采集的数码影像进行数字微分纠正，生成 DOM。

4.3.6 遥感数据处理的产品精度应符合下列规定：

1 DOM 的地物点平面位置中误差应不大于表 4.3.6-1 的规定。

表 4.3.6-1 DOM 地物点平面位置中误差（图上 mm）

成图比例尺	平原、微丘	重丘、山岭
1:500—1:2000	0.6	0.8
1:5000—1:50000	0.5	0.75

2 DEM 的格网点高程中误差应不大于表 4.3.6-2 的规定。

表 4.3.6-2 DEM 格网点高程中误差(m)

成图比例尺	平原	微丘	重丘	山岭
1:500	0.25	0.5	0.7	1.0
1:1000	0.25	0.7	1.0	2.0
1:2000	0.5	0.7	1.5	2.0
1:5000	0.5	1.5	3.0	4.0
1:10000	0.5	1.5	3.0	6.0
1:50000	3.0	5.0	8.0	14.0

3 特殊和困难地区地物点平面位置中误差和高程中误差可按地形类别放宽 0.5 倍。

4.3.7 遥感数据处理的精度检查应符合下列规定：

1 应检查 DOM 的平面位置误差及相邻 DOM 的接边误差。

2 应检查 DEM 的格网点高程误差及相邻 DEM 的接边误差。

3 抽检比例宜不少于产品总面积的 10%，检测样本应均匀分布。

4 宜利用野外实测的检查点或在大一级比例尺地形图上读取明显目标点进行精度检测。

5 误差超过极限误差的产品应重新生成。

征求意见稿

4.4 遥感解译

4.4.1 遥感解译流程应包括遥感数据选择、遥感数据处理、解译标志建立、遥感解译、调查验证与成果提交工作。

4.4.2 应采用高空间分辨率卫星遥感图像、航空遥感图像和机载三维激光扫描图像进行遥感解译。

4.4.3 应根据解译对象在遥感图像上的纹理、色调、色彩、位置、形状、图形等波谱特征和空间特征，结合实地调查建立遥感解译标志。

4.4.4 遥感解译标志应具有代表性、实用性和稳定性。必要时宜对各种解译标志进行详细的文字描述，并整理成册。

4.4.5 遥感解译范围应大于监测区范围，并应考虑解译对象的完整性。

4.4.6 应利用搜集的已有资料或实地调查等方式对遥感解译成果进行调查验证与分析。

4.4.7 当遥感解译成果与调查验证不一致时，应综合对比分析，查找原因，必要时再次解译。

4.4.8 遥感解译应提交技术总结、数据成果及专题图件，并应符合下列规定：

1 技术总结应包括公路遥感解译的主要内容、任务依据与工作量，采用的遥感图像类型及数据处理方法，遥感解译标志，遥感解译结果，质量检查与验收情况等。

2 数据成果应包括遥感解译提取的公路基础信息、地质灾害信息等矢量数据及属性数据。

3 专题图件应包括公路基础信息平面图、地质灾害分布图等。

4.5 InSAR 监测

4.5.1 InSAR 监测流程应包括 SAR 数据选择、数据处理、精度分析、质量控制与成果提交工作。

4.5.2 SAR 卫星图像选择应符合下列规定：

1 应根据监测区地表覆盖情况选择合适的波段。地表植被较多地区宜选择波

征求意见稿

长较长、穿透性较强的 L 波段图像；建筑物较多的城镇地区宜选择波长较短的 X 波段图像；其他地区宜选择波长适中的 C 波段图像。

2 宜根据 SAR 图像的临界空间基线选择空间基线阈值。系统带宽小于 30MHz 的 SAR 图像宜选择 1/2 临界空间基线值作为空间基线阈值；系统带宽大于 30MHz 的 SAR 数据图像宜选择 1/10 临界空间基线值作为空间基线阈值。

3 应在工作时间范围内连续观测并获取所需数量的 SAR 图像。

4 采用编程方式采集 SAR 图像时，应首先考虑数据的波长、覆盖范围和空间分辨率以及存档数据数量；其次考虑时间基线、空间基线和极化信息等参数。

4.5.3 应根据公路遥感监测的 SAR 数据量、监测精度和应用条件，选择合适的 InSAR 技术方法，并应符合下列规定：

1 监测精度要求较低、SAR 数据量不大于 4 景时，宜选用 D-InSAR 方法。

2 监测精度要求较高、SAR 数据量较大时，宜选用 SBAS-InSAR 或 PS-InSAR 方法。

3 时间和空间基线分布均匀时，宜选用 PS-InSAR 方法。

4 时间和空间基线有一个以长基线为主时，宜选用 SBAS-InSAR 方法。

5 监测精度要求极高、有条件提前布设 CR 时，宜选用 CR-InSAR 方法。

6 不同 InSAR 技术方法所需要的数据量、监测精度和应用条件宜符合表 4.5.2 的规定。

表 4.5.2 InSAR 技术方法

方法	SAR 数据的最少量/景	精度	监测应用条件
InSAR	2	<10m	适用于获取监测区 DEM
D-InSAR	2	<3cm	高相干、中短基线。适用时间间隔短和天气接近的地区
SBAS-InSAR	≥5	<1cm	短时间基线高相干、长时间基线低相干
PS-InSAR	≥16	<5mm	点相干、短时间基线。适用时间间隔长、天气条件差异大的地区
CR-InSAR	≥2	<1mm	低相干、CR 需提前布设

条文说明

根据 InSAR 技术算法的不同，InSAR 遥感监测主要分为 InSAR、D-InSAR、PS-InSAR、SBAS-InSAR 和 CR-InSAR 等技术方法。

4.5.4 InSAR 监测应符合下列规定：

1 应在综合考虑数据质量、时间基线和空间基线等因素的前提下，剔除不连

征求意见稿

续和存在较大残余相位的干涉图，形成工作区干涉图序列。

2 应对 InSAR 形变图进行必要的滤波、数据压缩及地理编码，根据变形量大小利用彩色色标分级显示，并应与必要的地理要素同时叠加在 SAR 强度图和 DEM 图上。

3 应选择合适的同名形变点及地面控制点进行多次联合平差，计算各景 InSAR 形变图偏移值，进行多景 InSAR 形变图拼接。

4 应选择合适的空间插值方法对点目标形变监测结果插值处理，获取每个像元的地表形变结果。

4.5.5 应利用实测数据对 InSAR 监测结果进行精度分析，并应符合下列规定：

1 InSAR 监测的中误差应满足公路遥感监测的精度要求。

2 InSAR 监测的误差绝对值宜优于 $15mm/a$。

3 可选用最临近法、区域半径法、区域融合法和形变格局法，对获取的形变信息进行精度分析，并应符合表 4.5.5 的规定。

表 4.5.5 InSAR 监测结果检校解译方法

评价方法	评价要求	适用范围
最临近法	选择在实测点 3 个像元等同的地面实距范围内与之最接近的点目标作为评价的验证点	PS-InSAR
区域半径法	对实测点一定半径范围的所有点目标形变值进行平均，验证其与实测点的形变值	PS-InSAR
区域融合法	在整个区域上用所有点目标形变值生成等值线面，验证与实测点位置相同的形变值	D-InSAR、PS-InSAR
形变格局法	用实测结果与监测结果分别生成形变等值线面，进行空间分布上的格局分析	D-InSAR、PS-InSAR

4.5.6 InSAR 监测应提交技术总结、数据成果及专题图件，并应符合下列规定：

1 技术总结应包括 InSAR 监测的主要内容、任务依据与工作量，采用的 SAR 图像类型及数据处理方法，InSAR 监测结果，精度检查与分析情况等。

2 数据成果应包括 SAR 正射影像数据、点目标形变速率数据、点目标累计形变量数据、插值形变速率数据、插值累计形变量数据等。

3 专题图件应包括点目标形变速率图、点目标累计形变量图、插值形变速率图、插值累计形变量图等。

4.5.7 宜采用高精度 GNSS 或水准测量等方法对 InSAR 监测数据在时间和空间上的空白区域进行补充。

征求意见稿

4.6 GNSS 监测

4.6.1 GNSS 监测流程应包括控制网布设、选点、埋石、观测、数据处理、质量控制与成果提交工作。

4.6.2 GNSS 监测应建立测量控制网，控制网布设应符合下列规定：

1 应根据监测目的、精度要求、卫星状况、接收机类型和数量、测区已有资料、测区地形和交通状况以及作业效率等因素，综合考虑布设 GNSS 监测网。

2 GNSS 监测网宜由基准点和监测点构成，基准点数量应不少于 3 个。

3 应根据公路遥感监测内容和精度要求，选择合适的 GNSS 监测网级别。GNSS 监测网精度选择应符合表 4.6.2 的规定。

表 4.6.2 GNSS 监测网精度要求

监测内容	级别	相邻点基线分量中误差		相对精度	相邻点间平均距离（km）
		水平分量（mm）	垂直分量（mm）		
桥梁、隧道	B	5	10	10^{-7}	50
地质灾害	C	10	20	10^{-6}	20

4 GNSS 网最简异步观测环或附合路线的边数应小于等于 6 条。

5 GNSS 网点位应均匀分布，相邻点间距离最大不宜超过平均距离的 2 倍。

6 新布设的 GNSS 网应与附近已有的国家高等级控制点进行联测，联测点数应不少于 3 点。

条文说明

公路路基沉降监测、公路边坡与地质灾害变形监测对 GNSS 测量的竖向精度要求高，而公路桥梁、隧道监测对 GNSS 测量的水平精度和竖向精度要求均更高。因此，本规范提出 GNSS 监测控制网分为基准点和监测点二级布设，并根据遥感监测的主要内容和精度要求选择相应的精度等级。其中，桥梁、隧道变形监测的 GNSS 控制网应优于 B 级，地质灾害变形、路基沉降与边坡变形监测的 GNSS 控制网应优于 C 级。

4.6.3 GNSS 监测网选点应符合下列规定：

1 在实地选点前，应收集有关布网任务与监测区资料，包括测区 1:50000 或更大比例尺地形图，已有各类控制点、卫星跟踪站资料等。

2 应充分了解和研究监测区情况，特别是交通、通讯、供电、气象和大地点等情况。

3 GNSS 基准点应选择附近基岩点或远离地面沉降的稳定区域。

征求意见稿

4 GNSS 监测点应选在能够充分代表或反映监测对象形变特征的位置，并应符合下列规定：

1) 应布设在不良地质作用地段。

2) 应布设在受地下水、地表水影响的地段。

3) 应布设在有建筑物与构筑物和运输枢纽区的地段。

4) 应布设在有滑动迹象或正在进行治理的地段。

5) 应布设在支护结构及放坡平台的阳角部分。

4.6.4 GNSS 点位选择应符合下列规定：

1 应视野开阔，视场内障碍物的高度角不宜超过 15°。

2 应远离电视台、电台、微波站等大功率无线电发射源，其距离应不小于 200m。

3 应远离高压输电线和微波无线电信号传送通道，其距离应不小于 50m。

4 附近不应有大面积水域、大型建筑以及热源等强烈反射卫星信号的物体。

4.6.5 GNSS 监测点的埋设应符合下列规定：

1 GNSS 网点宜设立带有强制对中装置的观测墩。强制对中装置的对中误差应不大于 1mm。

2 观测墩高度应不小于 1.5m，底部宜设置水准监测标志。

3 基准点宜埋设在稳定岩层或稳定原土层上。

4 监测点埋深宜不小于 1m，冻土地区应埋至当地冻土线以下 0.5m。

4.6.6 GNSS 观测的技术要求应符合表 4.6.6 的规定：

表 4.6.6 各级 GNSS 监测网的观测技术要求

项目	B 级	C 级
卫星截止高度角（°）	10	15
同时观测有效卫星数（颗）	≥4	≥4
有效观测卫星总数（颗）	≥20	≥6
观测时段数	≥3	≥2
时段长度	≥23h	≥4h
采样间隔（s）	30	10~30

注：1.有效观测卫星总数是指各时段的有效卫星数总和减去其间的重复卫星数。

2.观测时段长度是指由开始记录数据到结束记录的时间段。

4.6.7 GNSS 数据处理应符合下列规定：

征求意见稿

1 GNSS 数据基线处理、网平差应在外业成果的检查验收和概算通过后进行。

2 起算数据使用前应进行完整性、正确性与可靠性检验。

3 GNSS 网基线处理应采用满足精度要求的数据处理专用软件。

4 GNSS 网平差应在监测数据与水准监测结果之间进行对比分析，符合要求时应绘制等值线图等成果图件，如达不到要求应重新计算或重新监测。

4.6.8 GNSS 监测应提交技术总结、数据成果及专题图件，并应符合下列规定：

1 技术总结应包括 GNSS 监测的主要内容、任务依据与工作量，GNSS 网技术设计、选点与埋石情况，GNSS 观测、数据处理与监测结果，精度检查与分析情况等。

2 数据成果应包括 GNSS 原始观测数据，数据处理中生成的文件、资料和成果表等。

3 专题图件应包括 GNSS 监测形变速率图、GNSS 累计形变量图等。

征求意见稿

5 公路基础信息遥感监测

5.1 一般规定

5.1.1 公路基础信息遥感监测应包括公路路网遥感监测、交通工程及沿线设施遥感监测、质量检查、成果提交工作。

5.1.2 公路基础信息遥感监测的频率应满足经济发达地区不超过 1 年、经济中等发达地区不超过 2 年、经济欠发达地区不超过 3 年。

5.1.3 宜采用多时相、多光谱高空间分辨率光学遥感图像进行公路基础信息遥感解译。

遥感图像的空间分辨率应符合表 5.1.2 的规定。

表 5.1.2 公路基础信息遥感监测的遥感图像空间分辨率(m)

公路路线线位			路基路面属性、桥涵隧道线位	公路附属设施
高速公路	国道、省道	农村公路		
≤2	≤2	≤0.8	≤0.5	≤0.5

5.1.4 应以 DOM 为背景，采用计算机自动识别和人机交互相结合的方法，客观对比、综合分析公路基础信息及其变化情况，进行遥感解译与数据采集。

5.1.5 公路基础信息遥感监测的成图比例尺宜大于 1:5000，其数据采集精度应符合表 4.3.6-1 的规定。

5.1.6 对遥感解译无法确定边界和路面材质的公路基础信息，以及遥感图像采集时间早于公路建成时间或最近改建时间的路段，应进行实地调查核实。

5.2 公路路网遥感监测

5.2.1 应对公路路线、路基路面、桥涵隧道等公路路网基本信息进行遥感解译。

5.2.2 公路路线遥感监测应符合下列规定：

1 应解译高速公路、一级公路、国道、省道、农村公路等各级公路网的线位

征求意见稿

基本信息。

2 应按照道路中心线进行公路路线线位的遥感解译与数据采集，同一路线编码的道路不能重复。

3 宜分析主要公路的行政区划位置、行政等级、技术等级、路线编号、路线名称等公路路线信息。

4 宜分析公路网各技术等级公路的公路里程、分布密度和通达状况。

5 宜分析公路网结构、路网综合密度及路网连通度。

5.2.3 路基路面遥感监测应符合下列规定：

1 应按照路基路面结构层的两侧边缘线进行路基路面遥感解译与数据采集，并应包括道路中间带、变速车道、爬坡车道、紧急停车带、错车道等部分。

2 应选择公路边缘规整且无建筑物与行道树遮挡的路段进行路基路面的宽度量取，量测误差应不大于 1 个像元。

3 应解译公路路面铺装材质，并宜将公路路面划分为沥青混凝土路面、水泥混凝土路面、砂石路面和无路面等四种路面类型。

4 宜分析监测区主要公路的路面宽度、车道数量、车道宽度。

5.2.4 桥涵隧道遥感监测应符合下列规定：

1 应解译公路桥梁、涵洞的空间位置、桥梁长度和宽度。

2 应选择桥梁边缘规整且无建筑物与行道树遮挡的路段进行桥面宽度量取，量测误差应不大于 1 个像元。

3 应解译公路隧道的空间位置、隧道长度和洞口宽度。

4 宜分析公路桥梁、涵洞、隧道等主要构筑物属性信息和使用状态。

5.2.5 可利用三维激光扫描数据对公路纵坡和横坡等路面几何状况进行分析，并应符合下列规定：

1 激光点云应分布均匀，路面点云密度应大于等于 25 点/m^2。

2 应选择公路纵断面间隔长度小于等于 20m 位置两点h_1、h_2处的激光点云内插高程值，按照公式 5.2.3-1 计算纵坡。

3 应选择同一横断面两端路面与路肩交界位置或外侧路缘石边缘（或路基顶面相应位置）d_1、d_2处的激光点云内插高程值，按照公式 5.2.3-2 计算横坡。

4 计算横坡的横断面位置宜与计算纵坡的中桩位置一致。

$$J = \frac{h_1 - h_2}{L} \times 100 \qquad (5.2.3\text{-}1)$$

$$I = \frac{d_1 - d_2}{B} \times 100 \qquad (5.2.3\text{-}2)$$

式中：J——公路纵坡（%）；

征求意见稿

h_1、h_2——公路纵断面间隔一定距离两点h_1及h_2处的高程值（m）；
L——公路纵断面间隔一定距离两点h_1与h_2之间的水平距离（m）；
I——公路横坡（%）；
d_1、d_2——同一横断面两端点d_1及d_2处的高程值（m）；
B——同一横断面两端点d_1及d_2之间的水平距离（m）。

条文说明

根据现行《公路路线设计规范》（JTG D20—2017）的规定，公路纵坡的最小坡长应不小于60m。因此，为保证利用遥感数据计算纵坡的路段能够完全位于最小坡长范围内，本标准规定遥感监测计算纵坡的最大长度单元为20m，即不超过1/3最小坡长。

5.2.6　宜根据路面宽度及铺装情况，将农村公路通畅情况划分为通畅、未通畅和畅返不畅等三种类型，并应符合下列规定：

1 宜将路面宽度大于等于3.5m且路面已铺装的路段划分为通畅公路。

2 宜将路面宽度小于3.5m或路面未铺装的路段划分为未通畅公路。

3 宜将因自然灾害、年久失修、失养等因素影响造成通畅公路出现路面破损严重，不再符合通畅公路标准的路段划分为畅返不畅公路。

5.2.7　畅返不畅公路应具有下列特征：

1 局部路段的路面宽度小于3.5m。

2 路面裂缝、板角断裂、破碎板等病害造成路面成片损坏的面积大于等于$15m^2$，过往车辆需降速通行。

3 滑坡、崩塌、泥石流等灾害造成路段损毁阻断或影响通行。

条文说明

5.2.6、5.2.7　根据现行《小交通量农村公路工程技术标准》（JTG 2111-2019）的规定，小交通量农村公路的技术等级为四级公路，1车道四级公路的车道宽度为3.5m、路肩宽度为0.5m。结合当前我国农村公路建设的实际情况，本规范将农村公路通达通畅的路面宽度标准定为3.5m。

根据现行《公路养护技术规范》（JTG H10-2009）的规定，沥青混凝土路面和水泥混凝土路面属于铺装路面，砂石路面属于未铺装路面。

已经建好的农村公路，因为达到设计年限，或者因为养护管理不到位，或者因为自然灾害等因素，造成通行条件恶劣，路面病害密集，不能满足农村公路出行需求，产生畅通转为不畅通的负面变化。畅返不畅情况多出现于水泥混凝土路面，沥青混凝土路面道路一般养护条件较好。

5.2.8　宜统计分析监测区农村公路网的通达通畅情况，并应符合下列规定：

征求意见稿

1 应建立监测区公路网全部公路的通达通畅台账。

2 应重点查找农村公路中未通达路段及畅返不畅路段。

3 应重点对畅返不畅公路的路面病害程度进行遥感解译，并应符合本规范第6.2节的有关规定。

5.2.9 应监测在建公路工程、桥梁、隧道等施工建设状态，并应符合下列规定：

1 应解译在建公路工程的用地清表状态、路基填挖状态、路面铺筑状态；

2 应分析公路桥梁、涵洞、隧道的施工状态；

3 应分析公路路面、桥梁桥面的铺装材质及铺筑长度、宽度和连通度。

5.2.10 应监测公路养护基本信息、养护里程、灾毁损毁情况、抢通情况等公路养护信息，并应符合下列规定：

1 路基养护宜解译路基加宽，挡土墙、护坡的拆除、增建、接长，大型坍塌方的清除及善后处理等。

2 路面养护宜解译路面加宽、路面铺装，路面铺装材质的更换等。

3 桥梁养护宜解译桥梁加宽、加高，桥梁、小型立体交叉的改建、新建，桥面铺装材质的更换等。

4 灾毁损毁与抢通情况的遥感监测应符合本规范第7章的有关规定。

5.3 交通工程及沿线设施遥感监测

5.3.1 应对公路交通安全设施、服务设施和管理设施等交通工程及沿线设施等基本信息进行遥感解译。

5.3.2 交通安全设施遥感监测应符合下列规定：

1 应解译公路交通标线、隔离栅、护栏、防落网、防风栅、防雪（沙）栅等交通安全设施。

2 宜解译公路标线的缺失或损坏，并应以长度（m）为单位计算损坏数量。

3 宜解译公路隔离栅的缺失或损坏，并应以处为单位计算损坏数量。

4 宜解译公路护栏、防落网、声屏障、中央分隔带活动护栏和防眩板等防护设施的缺失或损坏，并应以处为单位计算损坏数量。

5 宜统计分析监测区公路交通安全设施的数量、分布及完善程度。

5.3.3 服务设施遥感监测应符合下列规定：

1 应解译公路服务区、停车区和客运汽车停靠站等服务设施。

2 宜解译服务区、停车区的设置间距，布置形式、工程规模，加、减速车道

征求意见稿

长度等。

3 宜解译客运汽车停靠站的设置间距，加、减速区段长度，停留车道长度、站台宽度等。

4 宜统计分析监测区公路服务设施的数量、分布及完善程度。

5.3.4 管理设施遥感监测应符合下列规定：

1 应解译公路照明、收费站和养护站等管理设施。

2 宜解译收费站广场的几何指标、布置形式、车道数量、车道宽度等。

3 宜解译养护站的设置间距、工程规模等。

4 宜统计分析监测区公路管理设施的数量、分布及完善程度。

5.3.5 应监测在建交通工程及沿线设施的施工建设状态、建筑面积、场区面积、附属设施连接线铺筑长度等。

5.4 质量检查

5.4.1 应对公路基础信息遥感监测结果的正确性、合理性和完整性进行质量检查。

5.4.2 应抽取不少于监测区总面积 20%的遥感解译成果进行质量检查；检测样本应均匀分布，兼顾不同地形地貌类别。

5.4.3 正确性检查应符合下列规定：

1 应检查监测成果的坐标系统、高程基准、投影参数等是否正确。

2 应利用实地测量的路段长度、宽度和场地面积数据进行属性精度检测，公路长度、宽度及场区面积较差不应超过 5%。

3 应利用实地调查的公路路线及附属设施的数量或面积占检测区遥感解译的全部数量或面积的比例进行正确率检测，正确率应不低于 95%。

4 应利用实地调查统计的检测区内遗漏的公路路线及附属设施的数量或面积占全部数量或面积的比例进行遗漏率检测，遗漏率应不高于 5%。

5 正确性检查超限的成果数据，应利用实地调查结果对解译标志进行修正，并进行重新自动分类和人工解译。

5.4.4 合理性检查应符合下列规定：

1 数据是否存在冗余与重复。

2 线状要素是否有重叠或自相交情况。

3 线状要素的结点匹配是否正确，线段相交时是否有悬挂或过头现象。

征求意见稿

4 对有方向性的线状要素其方向是否正确，

5 同一条公路路线是否断开，是否有错误的断线。

6 面状要素是否闭合，需连通的地物是否保持连通。

7 面状要素之间的关系处理是否正确，有无相交、露白等问题。

8 数据拓扑关系是否正确，是否存在自交叉区域、同层重叠区域、多节点重合等拓扑错误。

5.4.5 完整性检查应符合下列规定：

1 应检查公路基础信息的数据范围、图层、图形要素、数据属性项及记录等是否完整，不应存在重复或缺失。

2 应检查成果数据中各要素的属性内容是否完整，属性值是否正确合理。

3 应检查成果数据的元数据等附属资料内容是否完整，数据格式和数据结构是否正确合理。

5.5 成果提交

5.5.1 公路基础信息遥感监测应提交遥感解译技术总结、数据成果及专题图件。

5.5.2 技术总结应结合技术设计书对公路基础信息遥感监测工作进行总结，重点说明采用的遥感图像及数据处理方法，遥感解译结果，公路遥感监测成果汇总表与明细表，质量检查与验收情况等。

5.5.3 数据成果应包括遥感解译提取的公路路线、桥梁、隧道和公路附属设施的矢量数据和属性数据。

矢量数据格式宜采用 shapefile 格式。

5.5.4 宜按照元数据、信息分类与编码和数据库标准，建立公路基础信息空间数据库和属性数据库，并将遥感解译数据校验入库。

5.5.5 专题图件应包括遥感解译提取的公路路线、桥梁、隧道和公路附属设施等的成果展示图与统计分析图。

征求意见稿

6 公路工程运营遥感监测

6.1 一般规定

6.1.1 公路工程运营遥感监测应包括路面病害遥感监测、路基沉降遥感监测、公路边坡遥感监测、公路桥梁遥感监测、公路隧道遥感监测、成果提交工作。

6.1.2 公路工程运营遥感监测频率应符合下列规定：

1 正常情况下的监测频率宜为 1 次~2 次/年，可根据地表沉降速率和结构变形速率进行调整。

2 当监测数据异常或变化速率较大、暴雨或连续长时间降雨、邻近工程施工等导致周围环境发生较大改变时，应提高监测频率。

3 对变形速率明显加快的公路桥梁、隧道及高边坡应连续实时监测。

6.1.3 公路工程形变速率值对应分级设色图例表应符合本规范附录 A 的有关规定。

6.2 路面病害遥感监测

6.2.1 应对沥青混凝土路面和水泥混凝土路面病害进行遥感监测。

条文说明

本标准规定的适用范围为各等级公路，包括高速公路、一级公路、二级公路、三级公路和四级公路。目前我国公路网中沥青路面和水泥混凝土路面占绝大多数，砂石路面占比很低，因此本标准的公路路面遥感监测主要针对沥青混凝土路面和水泥混凝土路面。

6.2.2 路面病害遥感监测应符合下列规定：

1 宜对宽度大于等于 10mm 的路面裂缝进行遥感识别。

2 宜监测纵向裂缝、横向裂缝、板角断裂、破碎板等路面病害。

3 应剔除路面污渍、标线以及路面纵向接缝、刻槽等非路面病害。

6.2.3 宜采用高空间分辨率航空遥感图像进行公路路面病害遥感解译。遥感解译除应符合本规范第 4 章的有关规定外，还应符合下列规定：

征求意见稿

1 遥感图像的空间分辨率应优于 40mm。

2 遥感图像的采集时间宜小于 3 个月。

3 处理后的 DOM 产品精度应满足本规范表 4.3.6-1 的 1:500 成图比例尺精度要求。

条文说明

6.2.2、6.2.3 依据现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210—2018），沥青路面裂缝的重度损坏指标为主要裂缝宽度大于 3mm，龟裂的重度损坏指标为平均裂缝宽大于 5mm；水泥混凝土路面裂缝的中度损坏指标为裂缝宽度大于 3mm~10mm，重度损坏指标为裂缝宽度大于 10mm。考虑采用遥感技术手段进行公路路面病害监测的经济合理性和技术实用性，本规范规定遥感识别沥青混凝土路面和水泥混凝土路面的裂缝最小识别宽度均为大于等于 10mm。

根据大量路面裂缝监测试验结果，遥感解译可有效识别 1/4 个像元大小的长线性目标。因此，本规范规定用于识别路面裂缝的遥感图像空间分辨率应大于等于 40mm。

6.2.4 应对公路路面病害的遥感监测结果进行统计分析，并应符合下列规定：

1 应以路面裂缝的损坏面积与路面面积之百分比，计算路面裂缝率。

2 应利用沥青路面轮迹带范围内的裂缝损坏面积与轮迹带面积之百分比，计算轮迹带裂缝率。轮迹带为距车道中心线 0.6m~1.4m 的区域。

3 裂缝的损坏面积应按裂缝影响宽度换算成损坏面积。沥青混凝土路面的裂缝影响宽度为 0.2m、水泥混凝土路面的裂缝影响宽度为 1.0m。

4 应以 10m 为单元计算路面裂缝率、轮迹带裂缝率的平均值。

条文说明

依据现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210—2018），沥青混凝土裂缝的影响宽度为 0.2m，水泥混凝土裂缝的影响宽度为 1.0m。

6.2.5 应对公路路面病害的遥感监测结果进行准确性验证，并应符合下列规定：

1 应抽取 5%~10%的路段进行实地调查验证。

2 应选择长度不小于 100m 的测试路段，在测试路段上选择一定数量的路面裂缝，所选裂缝应至少包括 1 条宽度不大于 10mm、长度不小于 1m 的裂缝，进行裂缝最小识别宽度验证。

3 应选择长度不小于 1000m 的测试路段，实地调查识别宽度大于 10mm 的路面裂缝。根据遥感识别的裂缝数与实地调查识别的裂缝总数之百分比，计算识别准确率，准确率应大于等于 90%。

征求意见稿

6.3 路基沉降遥感监测

6.3.1 应对沉降深度大于 30mm 的路基沉降进行遥感监测。

条文说明

公路沉降的原因是多方面的，既可能由公路路基沉降引起，也可能由路面结构层沉降引起，或者由路基、路面共同沉降引起。公路遥感监测技术能有效识别公路沉降，但是难以查明沉降的具体结构层位置和沉降引起的准确原因。因此，本规范将路面沉降、路基沉降统称为路基沉降。

根据现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210-2018）的规定，路基沉降是指沉降深度大于 30mm 的沉降。

6.3.2 宜采用 InSAR 进行路基沉降遥感监测。InSAR 监测除应符合本规范第 4 章的有关规定外，还应符合下列规定：

1 InSAR 沉降监测精度应优于 10mm。

2 SAR 图像的空间分辨率宜优于 10m。

3 SAR 图像的时间基线宜不超过 3 年。

4 SAR 数据量宜大于等于 8 景/年。需要生成时间序列沉降结果时，数据量宜大于等于 16 景/年。

6.3.3 宜利用高精度 GNSS、水准等实地测量数据对 InSAR 监测结果进行外符合精度评定，并应符合下列规定：

1 检测数据应与 InSAR 监测成果在时空上一致，且在空间上分布均匀。

2 宜按公式 6.3.3-1 将实地测量的形变量投影到雷达视线向。

3 宜按公式 6.3.3-2 进行 InSAR 监测成果的精度评价。

$$d_{\text{insitu}} = -\sin\theta \cdot \sin(\alpha_h - \frac{3\pi}{2}) \cdot dx + \sin\theta \cdot \cos(\alpha_h - \frac{3\pi}{2}) \cdot dy + \cos\theta \cdot dz \quad (6.3.3\text{-}1)$$

$$d = d_{InSAR} - d_{insitu} \quad (6.3.3\text{-}2)$$

式中：d——InSAR 监测误差；

d_{InSAR}——InSAR 监测的视线向变形量；

d_{insitu}——实测三维形变投影到视线向的变形量；

α_h——SAR 数据投影到地面的水平角度；

θ——雷达波入射角；

dx、dy、dz——为南北、东西和垂直方向变形量。

6.3.4 宜根据路基沉降遥感监测结果将路基沉降划分为发生、发展、趋于稳定三个阶段，并应符合表 6.3.4 的规定。

征求意见稿

表 6.3.4 路基沉降阶段性预测表

阶段性	评价标准
发生阶段	路面高程出现降低现象；路面沉降速率逐渐增加
发展阶段	沉降速率明显增加，沉降规律更加明显
趋于稳定阶段	路面沉降基本稳定，未出现明显变化；沉降速率明显减小，趋于稳定

6.3.5 宜根据 InSAR 遥感监测结果进行路基沉降危险性分级，并应符合表 6.3.5 的规定。

表 6.3.5 路基沉降危险性分级表

危险性级别	低	较低	中等	较高	高
沉降速率（mm/a）	<10	10~30	30~50	50~80	>80

6.3.6 应根据 InSAR 遥感监测结果生成路基沉降速率图、累计沉降形变量图、时间序列沉降量图和相关沉降统计表格等成果资料。

6.4 公路边坡遥感监测

6.4.1 应对公路边坡的坡面冲刷、碎落崩塌、局部坍塌、边坡滑坡等边坡病害进行遥感监测。

条文说明

根据现行《公路路基养护技术规范》（JTG 5150-2020）的规定，公路边坡病害分为坡面冲刷、碎落崩塌、局部坍塌、边坡滑坡等四类。其中：坡面冲刷主要为雨水冲刷坡面形成的沟槽（含坡脚缺口），碎落崩塌主要为路堑边坡因表层风化等产生的碎石滚落、局部崩塌等，局部坍塌主要为边坡表面松散破碎或雨水冲刷而引起的坡面滑塌，边坡滑坡主要为发生整体剪切破坏引起的坡体下滑，或有明显水平位移的滑坡。

6.4.2 宜采用高空间分辨率遥感图像对坡面冲刷、碎落崩塌、局部坍塌进行遥感解译。遥感解译除应符合本规范第 4 章的有关规定外，还应符合下列规定：

1 遥感图像的空间分辨率宜优于 0.2m。

2 遥感图像的时间分辨率宜小于 3 个月。

3 处理后的 DOM 产品精度应满足本规范表 4.3.6-1 的 1:2000 成图比例尺精度要求。

征求意见稿

6.4.3　宜优先采用 InSAR 进行大范围公路边坡变形隐患点的遥感监测。InSAR 监测除应符合本规范第 4 章的有关规定外，还应符合下列规定：

1 InSAR 变形监测精度应优于 10mm。

2 SAR 图像的空间分辨率宜优于 10m。

3 SAR 图像的时间基线宜不超过 1 年。

4 SAR 数据量宜大于等于 8 景/年。需要生成时间序列沉降结果时，数据量宜大于等于 16 景/年。

6.4.4　宜采用 GNSS 对存在安全隐患的公路高边坡进行遥感监测。对于有滑动迹象的高边坡，宜采用 GNSS 进行连续实时监测。

条文说明

根据现行《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）的规定，边坡高度大于 20m 的土质边坡和边坡高度大于 30m 的岩质边坡为高边坡。

6.4.5　GNSS 监测除应符合本规范第 4 章的有关规定外，还应符合下列规定：

1 GNSS 监测水平位移精度宜优于 5mm，竖向位移精度宜优于 10mm。

2 监测点应布设在与边坡坡向、滑坡滑动方向平行或垂直边坡坡向、滑动方向的断面线上，并应布设至滑动影响范围外 30m。

3 断面线宜布设在边坡或滑坡中部及两侧边缘，并应不少于 3 条。

4 监测点的间距宜为 10m~30m，且最大水平间距不应大于 100m，最大垂直间距不应大于 50m。

6.4.6　应对公路边坡的遥感监测结果进行统计分析，并应符合下列规定：

1 宜统计分析坡面冲刷的损坏数量（处）、冲沟深度、冲沟宽度。

2 宜统计分析碎落崩塌、局部坍塌的损坏数量（处）、损坏长度。

3 宜统计分析公路边坡的变形速率、累计变形量、变形方向。

6.4.7　应采用实地调查数据对公路边坡遥感监测结果进行精度检查，并应符合下列规定：

1 应抽取不少于监测区总面积 10%的遥感监测成果进行质量检查。

2 宜采用实地调查方式对坡面冲刷、碎落崩塌、局部坍塌等边坡灾害进行准确性验证。

3 宜采用高精度 GNSS、水准等测量数据对 InSAR 监测结果进行精度检查与分析，并应符合本规范第 6.3.3 条的有关规定。

4 宜采用高精度平面位置和水准测量数据对 GNSS 监测结果进行精度检查与分析。

征求意见稿

6.5 公路桥梁遥感监测

6.5.1 应对公路桥梁的桥面病害、结构变形和基础沉降等进行遥感监测。

条文说明

根据现行《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对各类公路桥梁技术状况的评定指标，结合遥感监测的技术特点，本规范规定公路桥梁遥感监测的主要内容为：各类桥梁的桥面病害、跨中挠度、结构变形，以及悬索桥、斜拉桥的索塔倾斜变形和沉降等。

6.5.2 桥面病害监测应符合本规范第 6.2 节的有关规定。

6.5.3 桥梁结构变形监测应包括竖向位移和水平位移监测，并应符合下列规定：

1 宜监测跨中竖向位移。

2 宜监测拱桥的拱脚竖向位移、水平位移，拱顶及拱肋关键位置的竖向位移。

3 宜监测斜拉桥的主塔塔顶竖向位移、水平位移，悬索桥的索塔和主缆竖向位移、水平位移，各跨主梁关键位置竖向位移。

6.5.4 桥梁基础沉降监测应符合下列规定：

1 宜监测连续梁桥的墩台、拱桥的拱脚、斜拉桥或悬索桥的桥墩和索塔等基础沉降。

2 宜监测桥梁周边 1000m 范围内的地表沉降。

条文说明

6.5.3、6.5.4 根据现行《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982—2014）规定，需要对主跨跨径大于 150m 的梁桥、主跨跨径大于 300m 的斜拉桥、主跨跨径大于 500m 的悬索桥、主跨跨径大于 200m 的拱桥以及处于复杂环境或结构特殊的其他桥梁结构、特别重要的特大桥进行使用期间监测，监测项目包括结构变形和基础沉降等。

6.5.5 宜采用 GNSS 进行桥梁结构变形监测。GNSS 监测除应符合本规范第 4 章的有关规定外，还应符合下列规定：

1 GNSS 监测水平位移精度宜优于 3mm，垂直位移精度宜优于 5mm。

2 结构变形监测点应布设在主梁、索塔、主缆等构件变形、位移最大或较大的位置。

3 挠度监测点应布设在监测桥梁的两端和中间部位。

4 应计算桥梁结构和构件的绝对位移量和相对位移量。

征求意见稿

5 应按公式 6.5.4 计算跨中挠度值。

$$f_C = \Delta S_{BC} - \frac{L_1}{L_1+L_2}\Delta S_{AB} \quad (6.5.4)$$

式中：f_C——挠度（m）；

ΔS_{BC}——B、C两点的沉降差（m）；

ΔS_{AB}——A、B两点的沉降差（m）；

L_1——B、C两点间的水平距离（m）；

L_2——A、C两点间的水平距离（m）。

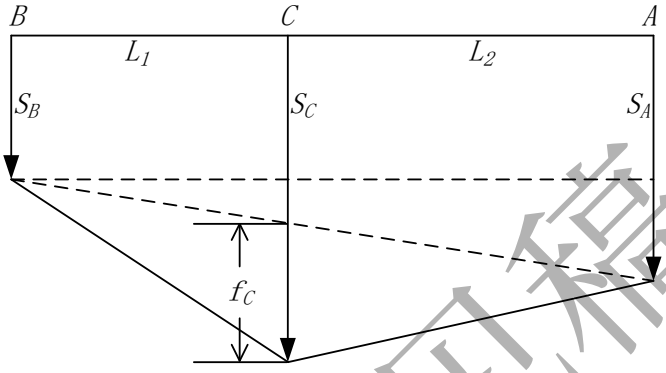

图 6.5.4 挠度值计算图

6.5.6 宜采用 InSAR 进行桥梁基础沉降监测及区域地表沉降监测。InSAR 监测除应符合本规范第 4 章的有关规定外，还应符合下列规定：

1 InSAR 沉降监测精度应优于 5mm。

2 SAR 图像的空间分辨率宜优于 5m。

3 SAR 图像的时间基线宜不超过 1 年。

4 SAR 数据量宜大于等于 8 景/年。需要生成时间序列沉降结果时，数据量宜大于等于 16 景/年。

5 宜在监测桥梁的合适位置布设 CR 以增强干涉效果。

6 宜同时获取至少两种不同观测角度、高时空分辨率的 InSAR 数据集，不同数据集的 SAR 观测角度差异越大越好。

6.5.7 应对公路桥梁遥感监测结果进行统计分析，并应符合下列规定：

1 应统计分析桥面的路面裂缝率、轮迹带裂缝率等评价指标。

2 应统计分析桥梁结构的竖向位移、水平位移的变化速率、累计变化量、时间序列变化量等评价指标。

3 应统计分析桥梁基础的沉降速率、累计沉降量、时间序列沉降量、典型剖面图、关键点位时序曲线图等评价指标。

4 应统计分析桥梁附近区域地表的沉降速率、累计沉降量、时间序列沉降量

征求意见稿

等评价指标。

6.5.8　宜采用同时段实地测量数据对公路桥梁遥感监测结果进行精度检查，并应符合下列规定：

1 宜采用高精度 GNSS、水准测量数据对 InSAR 监测结果进行精度检查，并应符合本规范 6.3.3 的有关规定。

2 宜采用高精度平面位置和水准测量数据对 GNSS 监测结果进行精度检查与分析。

6.6　公路隧道遥感监测

6.6.1　应对公路隧道穿越区的地表沉降、洞口边仰坡变形和洞门结构变形进行遥感监测。

条文说明

根据现行《公路隧道养护技术规范》（JTG H12-2015）规定，公路隧道土建结构的日常检查主要包括隧道洞口、衬砌、路面等内容。结合遥感监测的技术特点，本规范规定公路隧道遥感监测的主要内容为：公路隧道穿越区的地表沉降、洞口边仰坡变形和洞门结构变形等。

6.6.2　隧道地表沉降监测应符合下列规定：

1 应对隧道轴线两侧 1000m 范围内的地表沉降进行遥感监测。

2 宜对隧道穿越区内危旧房屋、高层、超高层、高耸建筑物或文物、古迹建筑物进行沉降监测。

6.6.3　宜采用 InSAR 进行隧道地表沉降监测和洞口边仰坡变形监测。InSAR 监测除应符合本规范第 4 章的有关规定外，还应符合下列规定：

1 InSAR 变形监测精度应优于 10mm。

2 SAR 图像的空间分辨率宜优于 5m。

3 SAR 图像的时间基线宜不超过 1 年。

4 SAR 数据量宜大于等于 8 景/年。需要生成时间序列沉降结果时，数据量宜大于等于 16 景/年。

5 宜同时获取至少两种不同观测角度、高时空分辨率的 InSAR 数据集，不同数据集的 SAR 观测角度差异越大越好。

6.6.4　宜采用 GNSS 进行洞口边仰坡变形监测和洞门结构变形监测。GNSS 监测除应符合本规范第 4 章的有关规定外，还应符合下列规定：

征求意见稿

1 GNSS 监测水平位移精度宜优于 3mm，垂直位移精度宜优于 5mm。

2 监测断面布设间距宜为 5m~50m，每断面应布设不少于 3 个测点，测点间距宜为 2m~5m。

3 连拱隧道、单洞 3 车道及以上的大断面隧道宜适当加密测点间距。

6.6.5 洞口山体及岩体严重开裂，或挡土墙、护坡等产生严重开裂、明显的永久变形，或墙角、坡面上有土石堆积时，宜采用 GNSS 进行连续实时监测。

6.6.6 应对公路隧道遥感监测结果进行统计分析，并应符合下列规定：

1 应统计分析隧道地表及洞口边仰坡的沉降速率、累计沉降量、时间序列沉降量、典型剖面图、关键点位时序曲线图等评价指标。

2 应统计分析洞门结构的竖向位移、水平位移的变化速率、累计变化量、时间序列变化量等评价指标。

6.6.7 宜采用同时段实地测量数据对公路隧道监测结果进行精度检查，并应符合下列规定：

1 宜采用高精度 GNSS、水准测量数据对 InSAR 监测结果进行精度检查，并应符合本规范 6.3.3 的有关规定。

2 宜采用高精度水准测量数据对 GNSS 监测结果进行精度检查与分析。

6.7 成果提交

6.7.1 公路工程运营遥感监测应提交技术总结、数据成果及专题图件。

6.7.2 技术总结应结合技术设计书对公路工程运营遥感监测工作进行总结，重点说明采用的遥感技术和遥感数据，技术流程和作业方法，公路工程运营遥感监测结果，监测对象的动态特征与发展趋势，质量检查与验收情况。

6.7.3 数据成果应包括遥感解译提取的路面病害、桥面病害，路基沉降、边坡变形、桥梁变形及隧道变形等遥感监测矢量数据和属性数据。

6.7.4 专题图应包括下列内容：

1 公路路面病害、桥面病害分布图，成图比例尺宜为 1:500～1:2000。

2 路基沉降、边坡变形速率图和累计形变量图等，成图比例尺宜为 1:2000～1:10000。

征求意见稿

3 桥梁、隧道变形速率图和累计形变量图等，成图比例尺宜为 1:500～1:2000。

征求意见稿

7 公路灾害应急遥感监测

7.1 一般规定

7.1.1 公路灾害应急遥感监测应包括公路地质灾害遥感解译、公路地质灾害遥感监测、公路灾害损毁遥感监测、公路灾害应急抢通遥感监测。

7.1.2 应对给公路网构成较大威胁和造成较大范围通行能力影响的公路地质灾害、灾害造成的公路基础设施损毁及公路应急抢通进行遥感监测与分析。

7.1.3 宜每两年开展 1 次公路地质灾害遥感调查，以识别可能影响公路安全的滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害隐患点。

条文说明

7.1.2、7.1.3 地质灾害是在自然或者人为因素的作用下形成的，对人类生命财产造成危害或潜在危险的地质现象。常见的地质灾害有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝、活动断裂、岩溶、风沙、雪崩等。本规范公路灾害应急遥感监测主要针对能对公路网结构和功能造成重大影响的突发地质灾害，主要包括滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等四种类型。

7.1.4 公路灾害应急遥感监测应为灾害应急处置、地质灾害防治及灾后恢复重建提供基础资料与决策建议。

7.2 公路地质灾害遥感解译

7.2.1 公路地质灾害遥感解译流程应包括遥感图像选择、遥感数据处理、解译标志建立、地质遥感解译、调查验证、成果提交工作。

7.2.2 遥感图像选择应符合下列规定：

1 宜选用空间分辨率优于 10m 的光学遥感图像进行地质灾害背景的遥感分析以及巨型地质灾害的遥感解译。

2 宜选用空间分辨率优于 1m 的光学遥感图像进行公路地质灾害的详细解译。

3 遥感图像的时间分辨率宜小于 1 个月，并应根据地质灾害发展趋势及公路应急抢通需要进行调整。

征求意见稿

7.2.3　应根据需要对遥感图像进行影像配准、几何校正、影像融合和数字镶嵌等处理，并应符合本规范第 4.3 节的有关规定。

7.2.4　应根据地质灾害在遥感图像上的纹理、色调、位置、形状、图形、色彩特征，结合实地调查建立地质遥感解译标志。

主要公路地质灾害解译标志宜符合本规范附录 B 的有关规定。

7.2.5　滑坡遥感解译应符合下列规定：

1 应解译滑坡的类型、形态、范围和规模。

2 应解译滑坡后壁、侧壁、滑坡舌、滑坡台、鼓张裂缝等滑坡要素。

3 应判断滑坡的总体滑坡方向，推断其稳定性和可能的成灾范围。

4 宜量测滑坡体的体积、相对高度和坡度。

5 宜解译滑坡的发育环境，推断灾害的成因及危害性。

7.2.6　崩塌遥感解译应符合下列规定：

1 应解译崩塌的类型、范围和规模。

2 应解译崩塌堆积体的形态、边界、坡度和植被发育情况。

3 应判断崩塌的总体方向，推断其稳定性和可能的成灾范围。

4 宜量测崩塌危岩及崩塌体的体积、相对高度和坡度。

5 宜解译崩塌的发育环境，推断灾害的成因及危害性。

7.2.7　泥石流遥感解译应符合下列规定：

1 应解译泥石流类型、流域边界、主沟长度、主沟纵降比、流域平均坡度。

2 应划分泥石流形成区、流通区和堆积区。

3 应解译形成区的水源条件、地形坡度、植被覆盖程度，以及断裂、滑坡、崩塌、松散堆积物等不良地质现象。

4 应解译流通区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。

5 应解译堆积区的分布范围，堆积物性质，堆积扇坡降、植被覆盖。

6 宜分析泥石流的成因、危害性及发展趋势。

7.2.8　地面塌陷遥感解译应符合下列规定：

1 应解译塌陷的成因类型、范围、规模、数量。

2 应解译塌陷的排列形式、分布特征和延展方向。

3 应解译塌陷对公路工程的破坏程度和造成的成灾范围。

4 宜分析塌陷的成因、危害性及发展趋势。

征求意见稿

7.2.9　遥感解译滑坡、崩塌、泥石流的最小上图精度应优于 $4mm^2$，地面塌陷应优于 $2mm^2$。图上面积大于最小上图精度的，应勾绘其范围和边界，小于最小上图精度的用规定符号表示。

7.2.10　应对地质灾害遥感解译结果进行分析，并应符合下列规定：

1 应统计分析地质灾害的类型、规模、分布及地面密度。

2 应分析地质灾害的空间分布特征和分布规律，推断其孕灾地质背景及主要影响因素。

3 应分析地质灾害的发育特征，评价地质灾害的稳定性和危险性。

4 应推断地质灾害的发展趋势、影响范围和危害程度，划定地质灾害危险区。

7.2.11　应利用已有资料核查或实地调查等方式对地质灾害遥感解译结果进行调查验证，并应符合下列规定：

1 调查验证的抽查比例应不低于遥感解译成果总数的 20%。

2 应对尚未确定范围或存在疑问的地质灾害进行调查验证，确定地质灾害的类型、边界范围、形态特征、规模大小和危害程度。

3 应根据调查验证结果对遥感解译成果进行精度评价与修改、完善。

7.3　公路地质灾害遥感监测

7.3.1　公路地质灾害遥感监测应包括地质灾害遥感解译、InSAR 监测、GNSS 监测、成果提交工作。

7.3.2　应采用多时相、高空间分辨率光学遥感图像进行地质灾害遥感解译。遥感解译除应符合本规范第 7.2 节的有关规定外，还应符合下列规定：

1 应重点解译已出现临灾前兆的地质灾害隐患点或突发地质灾害。

2 应分析地质灾害的发展趋势，评价其稳定性、危险性及危害程度。

3 宜结合 DEM 数据估算地质灾害体体积和规模。

4 遥感图像的空间分辨率宜优于 1m。

5 遥感图像的时间分辨率应满足地质灾害监测的需要。

条文说明

利用多时相光学遥感影像进行多期地质灾害遥感解译，通过对比分析影像特征是否发生变化，可有效识别地质灾害隐患点和突发地质灾害，并判断地质灾害的稳定性、危险性、发展趋势和危害程度等。

7.3.3　应采用 InSAR 进行大范围地质灾害变形遥感监测。InSAR 监测除应符合

征求意见稿

本规范第 4.5 节的有关规定外，还应符合下列规定：

1 宜采用空间分辨率宜优于 20m 的 SAR 图像进行区域地表沉降监测，并应分析区域地质灾害的空间分布特征，识别地质灾害隐患点。

2 宜采用空间分辨率宜优于 5m 的 SAR 图像进行大型地质灾害及灾害隐患点变形监测。

3 InSAR 变形监测精度宜优于 10mm。

4 SAR 图像的时间基线宜不超过 3 年。

7.3.4 应采用 GNSS 进行大型地质灾害及地质灾害隐患点的遥感监测。GNSS 监测除应符合本规范第 4.6 节的有关规定外，还应符合下列规定：

1 GNSS 监测水平位移精度宜优于 5mm，垂直位移精度宜优于 10mm。

2 正常情况下宜每 15 天监测一次，比较稳定的可每月监测一次。

3 在汛期、雨季、预报期、防治工程施工期等情况下应加密监测。

4 当地质灾害体已有明显的变形迹象，或监测数据变化较大、变形速率加快时，宜连续实时监测。

7.3.5 GNSS 监测网布设应符合下列规定：

1 监测网宜设置不少于 3 个监测基准点。

2 监测网的布设应能达到系统监测地质灾害地表变形量、变形方向的要求，并掌握其时空动态和发展趋势。

3 监测网可参照本规范附录 C 选择，可采用其中一种网型，也可同时采用两种或两种以上网型，布成综合网型。

4 当滑坡、崩塌有明确的主滑方向和滑动范围时，监测网可布设成十字形和方格形；当变形具有 2 个以上方向时，监测剖面应布设 2 条以上；当滑动方向和滑动范围不明确的，监测网宜布设成扇形。

7.3.6 GNSS 监测点布设应符合下列规定：

1 监测剖面及监测点应根据监测对象的规模、变形方向和形态特征进行布设。

2 地质灾害监测剖面、监测点的数量均应以充分反映地质灾害体的变形大小、方向为原则。

3 监测剖面布设应穿过滑坡、崩塌的不同变形地段或部位，兼顾到滑坡、崩塌以外的小型滑坡、崩塌及次生复活的滑坡、崩塌。

4 纵向监测剖面应与滑坡、崩塌变形方向一致，由中部向两侧对称布设。横向监测剖面宜与纵向剖面垂直，由中部向上下方向对称布设。

5 在滑坡体的鼓张裂隙带、拉张裂隙带、剪切裂隙带，以及在崩塌体顶部拉张裂隙带，地裂缝中部最大拉张部位、两端延展部位等应加密布设变形监测点。

征求意见稿

7.3.7　应对地质灾害遥感监测结果进行统计分析，并应符合下列规定：

1 应分析地质灾害发生发展及演变规律，统计其变化速率、累计变化量、时间序列变化量。

2 应分析地质灾害的稳定性及发展趋势，推断其危险性。

3 应评估地质灾害的可能影响范围、风险等级和危害程度。

4 宜划分地质灾害易发区和危险区。

7.3.8　应利用实地调查数据对地质灾害遥感监测结果进行调查验证，并应符合下列规定：

1 应对地质灾害遥感解译结果进行调查验证，并应符合本规范第 7.2.11 条的有关规定。

2 应对 InSAR 监测识别的灾害隐患点及地质灾害形变情况进行调查验证。

3 应对 GNSS 监测的地质灾害形变情况进行调查验证。

4 应根据调查验证结果对遥感监测成果进行精度评价与修改、完善。

7.4　公路灾害损毁遥感监测

7.4.1　应利用灾前、灾后多时相高空间分辨率光学遥感图像进行公路地质灾害损毁遥感监测，并应符合下列规定：

1 宜采用无人机遥感图像或高空间分辨率卫星遥感图像进行遥感解译。

2 遥感图像的空间分辨率宜优于 0.5m。

3 遥感图像的时间分辨率应满足公路灾害应急抢通保通的实际需要。

7.4.2　地质灾害遥感解译除应符合本规范第 7.2 节的有关规定外，还应符合下列规定：

1 应重点解译对公路工程造成危害和威胁的地质灾害和隐患点。

2 应重点分析地质灾害体的类型、性质、位置、边界、几何形态及空间范围。

3 宜结合 DEM 数据估算地质灾害体体积和规模。

4 应分析评估地质灾害的影响范围、危害对象和危害程度。

7.4.3　公路工程损毁遥感解译应符合下列规定：

1 应解译公路位错，路基沉降、陷落，路面裂缝或被掩埋等路基路面损毁。

2 应解译桥梁断裂、桥面损毁或被掩埋，以及隧道口塌陷、堵塞等桥涵、隧道损毁。

3 应解译公路交通安全设施、服务设施和管理设施等交通工程及沿线设施损毁。

征求意见稿

4 应统计地质灾害造成的公路损毁范围、损毁类型、损毁数量和损毁程度。

5 应评估公路工程的通达能力、损毁率和应急抢通的可行性。

7.4.4 应根据遥感解译结果分析公路工程损毁程度，并应符合下列规定：

1 应将公路工程损毁程度划分为基本完好、部分破坏和毁坏等三种类型。

2 公路基本完好应具有下列特征：路面、桥面、隧道口未破坏或轻微破坏，不影响通行。

3 公路部分破坏应具有下列特征：路面、桥面、隧道口出现一定程度的破坏，或滑坡、崩塌、泥石流、建筑物倒塌等造成局部路面堵塞，需谨慎通行或修复后才能通行。

4 公路毁坏应具有下列特征：路面、隧道口出现大的断裂和错位，或路基完全崩塌，或滑坡、崩塌、泥石流、建筑物倒塌等完全堵塞路面或隧道口，或桥梁断裂，需要重建。

条文说明

公路网是灾后应急救援和灾民向外疏散的生命线。灾害对公路网的破坏往往导致公路网的运输能力下降或直接丧失，进而导致应急疏散和应急救援无法顺利进行。本标准参照现行《生命线工程地震破坏等级划分》（GB/T 24336—2009）的有关规定，将公路工程损毁程度划分为“基本完好”、“部分破坏”和“毁坏”三种类型。其中：“基本完好”对应 GB/T 24336—2009 道路破坏等级中的“基本完好”和“轻微破坏”，“部分破坏”对应“中等破坏”和“严重破坏”，“毁坏”对应“毁坏”。

7.4.5 公路基本完好的解译标志应具有下列特征：

1 路面或隧道口未受破损或轻微破损，公路边缘等平行线清晰，路面平整，灰度均一，线状形态连续。

2 在高空间分辨率遥感图像中可见车辆通行。

3 路面、桥面虽有少许岩土堆积，但不影响通行。

7.4.6 公路部分破坏的解译标志应具有下列特征：

1 路面或隧道口遥感图像出现灰度不均匀的图斑，图斑宽度小于等于路面 1/2 的宽度。

2 公路边缘等平行线局部中断或轻微错动，路面错动处的灰度突变不明显。

3 路面、隧道口存在明显的滑坡、崩塌或泥石流堆积物，未破坏的路面宽度大于或等于 1/4 原路面宽度，且基本连续。

4 路面截断或宽度变小，公路边缘等平行线连续性中断，灰度均匀性改变。

征求意见稿

7.4.7　公路毁坏的解译标志应具有下列特征：

1 路面或隧道口遥感图像出现灰度不均匀的图斑，图斑宽度大于路面 1/2 的宽度。

2 公路边缘等平行线连续性中断、模糊或明显错动，路面错动处常伴有灰度突变的线条。

3 桥面遥感图像灰度连续性破坏，桥面存在不规则阴影，可见纹理被截断。

4 路面、隧道口存在明显的滑坡、崩塌或泥石流堆积物，未破坏的路面宽度小于 2.5m。

5 公路、桥梁或隧道口被堰塞湖淹没，或桥梁断裂、桥面损毁，已无法行车。

7.4.8　应统计分析公路工程损毁路段的名称、地点、经纬度、起终点桩号、损毁长度、损毁类型和损毁状况。

7.4.9　应利用现场调查资料核查或无人机视频调查等方式对公路地质灾害损毁遥感监测成果进行调查验证，并应符合下列规定：

1 调查验证的抽查比例应不低于遥感解译成果总数的 20%。

2 应对地质灾害遥感解译成果进行调查验证，并应符合本规范第 7.2.11 条的有关规定。

3 应对遥感解译的公路地质灾害损毁范围、损毁程度和路段可通行状况等进行调查验证。

4 应根据调查验证结果对遥感解译成果进行精度评价与修改、完善。

7.5　公路灾害应急抢通遥感监测

7.5.1　应优先采用无人机遥感图像进行公路灾害应急遥感监测。根据突发地质灾害发生情况，可采用无人机多架次连续实时视频监测。

条文说明

滑坡、崩塌、泥石流等突发地质灾害发生后，需要第一时间搜集灾前、灾后的各种航空、航天遥感影像进行应急遥感监测。突发地质灾害多发生在多雨、多雾等恶劣天气情况下，因此，采用低空无人机进行灾害应急遥感监测更具优势。

7.5.2　应利用多时相高空间分辨率光学遥感图像对公路地质灾害损毁进行遥感监测，并应符合本规范第 7.4 节的有关规定。

7.5.3　应根据公路灾害损毁遥感监测结果，对公路网各路段的可通行状况进行遥感分析，并应符合下列规定：

征求意见稿

1 应将公路可通行状况划分为可通行路段、限制通行路段和不可通行路段等三种类型。

2 可通行路段应有具有下列特征：路段无损毁或所有损毁程度都属于“基本完好”类。

3 限制通行路段应有具有下列特征：路段存在一定数量的损毁，但所有损毁程度都属于“基本完好”类或“部分破坏”类，且损毁程度属于“部分破坏”类的损毁数量不大于 3 处。

4 不可通行路段应有具有下列特征：路段损毁程度属于“部分破坏”类的数量大于 3 处，或存在损毁程度属于“毁坏”类的损毁。

7.5.4 应根据公路网各路段的可通行状况，对公路网阻断状态及通达路线优选进行遥感分析，并应符合下列规定：

1 应综合分析各路段的地质灾害类型、损毁程度、损毁长度和可通行状况。

2 应优选无损毁或所有损毁程度都属于“基本完好”类的可通行路段，并应评估其通行能力。

3 应统计不同路径中属于“部分破坏”类的路段损毁数量、损毁长度，选择修复程度相对较小的路段，并应评估其恢复速度。

4 宜绕避损毁程度属于“毁坏”类的不可通行路段，并应评估其重建工作量。

7.5.5 应利用现场调查资料核查或无人机视频调查等方式对公路网地质灾害、公路灾害损毁及公路交通阻断情况进行调查验证。

7.5.6 公路灾害应急抢通过程中，应综合利用多时相高空间分辨率光学遥感图像、SAR 卫星图像和 GNSS 进行地质灾害遥感监测，以预防发生次生地质灾害。

地质灾害遥感监测应符合本规范第 7.3 节的有关规定。

7.6 成果提交

7.6.1 公路灾害应急遥感监测应提交技术总结、数据成果及专题图件。

7.6.2 技术总结应结合技术设计书对公路灾害应急遥感监测工作进行总结，重点说明采用的遥感图像及数据处理方法，地质灾害遥感解译结果，地质灾害遥感监测结果，公路灾害损毁情况，公路应急抢通情况，质量检查与验收情况。

7.6.3 数据成果应包括遥感解译提取的公路基础信息、地质灾害数据、公路灾害损毁数据以及地质灾害形变监测数据等遥感监测矢量数据和属性数据。

征求意见稿

7.6.4　公路地质灾害遥感解译专题图应包括下列内容：

1 区域地质环境遥感调查图。以 DOM 为背景，依次叠覆地貌分区、地层岩性、地质构造等区域地质环境要素图层，成图比例尺宜为 1:10000～1:50000。

2 地质灾害分布遥感调查图。以 DOM 为背景，依次叠覆公路基础信息及符号化的地质灾害点类型、分布及规模等，成图比例尺宜为 1:2000～1:10000。

7.6.5　公路地质灾害遥感监测专题图应包括下列内容：

1 地质灾害分布遥感调查图，宜分别制作灾前、灾后地质灾害分布遥感调查图，并对新发生地质灾害予以标示，成图比例尺宜为 1:2000～1:10000。

2 监测区地表形变速率图和累计形变量图，成图比例尺宜为 1:2000～1:10000。

3 地质灾害体平均变形速率图、地质灾害关键部位时空变形曲线图等，成图比例尺宜为 1:500～1:2000。

7.6.6　公路灾害损毁遥感监测专题图除应符合本规范第 7.6.5 条的有关规定外，还应制作公路灾害损毁遥感调查图，成图比例尺宜为 1:500～1:2000。

7.6.7　公路灾害应急抢通遥感监测专题图除应符合本规范第 7.6.5 条的有关规定外，还应制作公路灾害损毁遥感调查图、公路路网可通行状况分布图，成图比例尺宜为 1:500～1:2000。

征求意见稿

附录 A　形变速率值对应分级设色图例表

A.0.1. 公路工程遥感监测形变成果宜采用分级设色的表达形式。

A.0.2. 公路工程遥感监测形变速率值对应分级设色图例宜参照表 A.0.2 的有关规定执行。

表 A.0.2　形变速率值对应分级设色图例表

形变速率值(mm)	填充颜色的(R,G,B)比例组合	填充颜色示例
> 50	(16,14,246)	
40 ~ 50	(16,92,247)	
30 ~ 40	(14,144,246)	
20 ~ 30	(15,194,247)	
10 ~ 20	(15,220,246)	
0 ~ 10	(255,255,247)	
0 ~ -10	(255,255,209)	
-10 ~ -20	(255,255,166)	
-20 ~ -30	(255,255,122)	
-30 ~ -40	(255,255,25)	
-40 ~ -50	(255,223,254)	
-50 ~ -60	(253,191,254)	
-60 ~ -70	(254,163,255)	
-70 ~ -80	(255,134,246)	
-80 ~ -90	(255,92,246)	
-90 ~ -100	(255,0,253)	
-100 ~ -110	(228,0,220)	
-110 ~ -120	(191,0,191)	
-120 ~ -130	(213,0,0)	
-130 ~ -140	(171,0,0)	
-140 ~ -150	(125,0,0)	
< -150	(74,0,0)	

征求意见稿

附录 B　地质灾害解译标志

B.0.1. 应根据遥感图像上的色调或色彩、地貌形态、影纹图案、土壤植被、人文环境等特征，综合建立地质灾害解译标志。

B.0.2. 主要公路地质灾害的解译标志宜具有表 B.0.2 的有关特征。

表 B.0.2　主要公路地质灾害的解译标志

地质灾害类型	解译标志
滑坡	直接解译标志： 1) 遥感图像上具有簸箕形、舌形、梨形的平面形态，及不平顺、不规则的坡面形态；可见前缘土体被挤出或呈舌状凸起。 2) 高空间分辨率遥感图像上可见滑坡壁、滑坡台阶、滑坡鼓丘、封闭洼地、滑坡舌或滑坡裂缝微地貌形态。 3) 高空间分辨率遥感图像上可见斜坡体上岩土扰动松软、地面裂缝、醉汉林，或房屋建筑倾斜。 间接解译标志： 1) 斜坡地形可见呈圈椅状或马蹄状环谷地貌，或斜坡上出现异常台坎及斜坡坡脚侵占河道。 2) 斜坡体两侧可见沟谷分布，并双沟同源。 3) 斜坡体上可见积水洼地，坡体前缘有泉水溢出。 4) 斜坡体上可见岩层产状与外围不连续，或局部地段新老地层倒置。
崩塌	崩塌危岩的解译标志： 1) 陡峻山坡地段的下部可见锥状堆积体，一般表面少植被生长，在全色遥感图像上呈浅色调，具斑点图案。 2) 地质体上部外围可见张裂缝。 3) 河流可见带瀑布状的峡谷，或压缩河床，或堰塞湖。 4) 山坡表面可见槽状凹陷。 崩塌体的解译标志： 1) 陡崖或陡坡下部可见表面坡度为 30°～40°之间的地质体，一般无植被或少植被生长，在全色遥感图像上呈白色或浅灰色调。 2) 平面形态可见楔形、舌形、三角形、梨形及其组合形态。
泥石流	1) 形成区山坡陡峻，可见瓢形或漏斗状平面形态，以及丰富的松散固体物质。 2) 流通区可见通畅沟床，地形较陡峻。 3) 堆积区或位于沟谷出口，可见扇状堆积物，扇面上可见固定或漫流状

征求意见稿

地质灾害类型	解译标志
	沟槽，有时可见人工导流堤；或位于坡脚，可见带状堆积物。
地面塌陷	1) 遥感图像上，地面塌陷多呈圆形、长条形或不规则形状，色调与周围环境相比具有一定变化。 2) 较老的地面塌陷常形成洼地并积水。 3) 岩溶塌陷、矿产开采、地下工程等导致的塌陷往往呈带状或串珠状分布；地下水开采形成的塌陷一般以开采点为中心呈圆形分布。

征求意见稿

附录 C　地质灾害地表变形监测网点布设

C.0.1. 宜根据滑坡、崩塌的平面形态，参照图 C.0.1 选择合适的监测网点布设形式。

C.0.2. 宜根据地面塌陷的规模、形状，参照图 C.0.2 选择合适的监测线布设形式。

C.0.3. 面积较小的塌陷，宜布设十字形监测；形状呈长方形的塌陷，宜布设十字形监测线；形状呈方形或圆形的塌陷，宜布设井字形或田字型监测线。

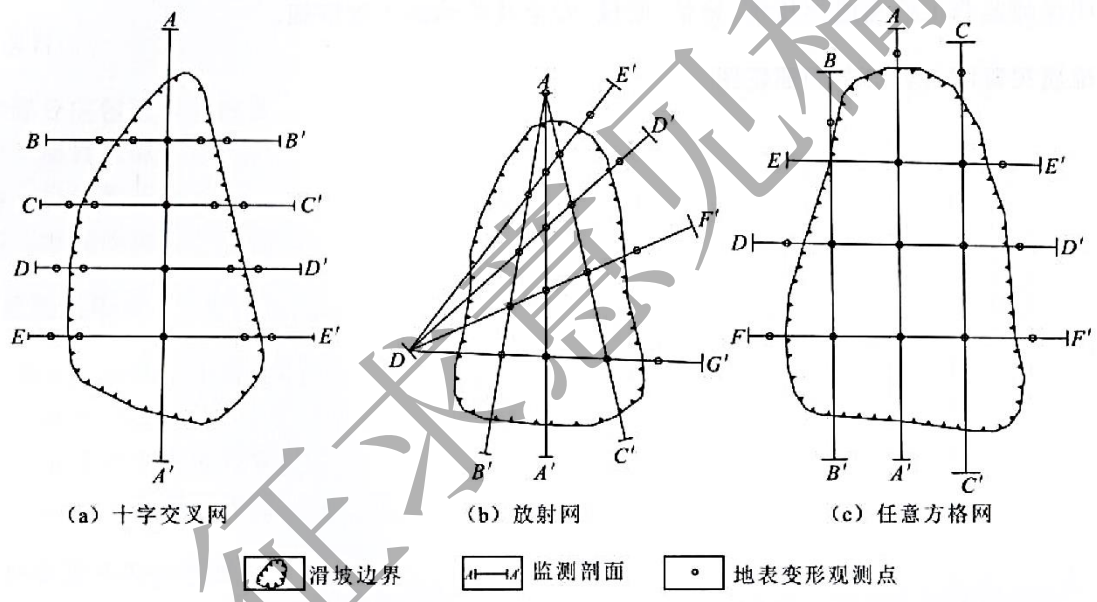

图 C.0.1　滑坡、崩塌监测网点布设示意图

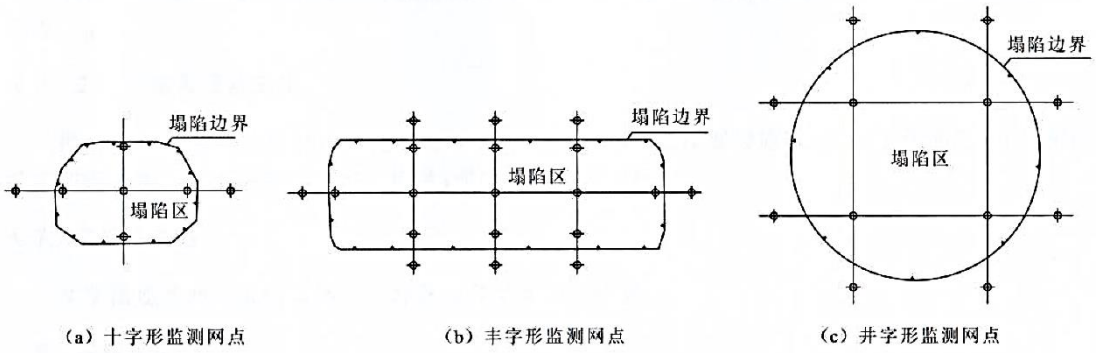

图 C.0.2　地面塌陷监测网点布设示意图

征求意见稿