

四川省地方标准

DB51/T 3268—2025

堰塞湖灾害应急救援数字图像 处理技术规程

2025-05-07 发布

2025-06-07 实施

四川省市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 总体要求 2

6 数据要求 2

7 数据处理 4

8 信息提取 7

9 精度验证 9

10 成果审核与归档 10

附录 A（资料性） 遥感图像数据字典查询及说明表 11

附录 B（资料性） 堰塞湖灾害应急救援数字图像获取、存储及处理审核表 13

附录 C（资料性） 堰塞湖灾害信息提取样例图 14

参考文献 14

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。

本文件由四川省消防救援总队提出、归口、解释并组织实施。

本文件起草单位：应急管理部四川消防研究所、西华大学、电子科技大学、四川省消防救援总队、成都市消防安全治理技术保障中心、中国测试技术研究院、四川大学、四川省城乡建设研究院、成都蓝玛尚科技有限公司、成都遥安智创科技有限公司、四川师范大学。

本文件主要起草人：谭龙飞、尹航、童玲、刘程、蒲远祥、李百毅、杨婷、张界宇、薛靓、王军、张文华、梅秀娟、袁满、蒋亚强、肖芳鸿、叶润、文江、罗时雨、毛苏英、王坚、薛荷、钟飞跃。

堰塞湖灾害应急救援数字图像处理技术规程

1 范围

本文件规定了堰塞湖灾害应急救援数字图像处理的技术要求，确立了水体信息、道路信息和堰塞体信息提取程序，描述了验证方法。

本文件适用于国家综合性消防救援队伍、解放军、武警部队、政府专职消防队、志愿消防队和单位专职消防队等救援组织在堰塞湖救援过程中所获取数字图像的处理工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17798-2007 地理空间数据交换格式
GB/T 18316-2008 数字测绘成果质量检查与验收
GB 21139-2007 基础地理信息标准数据基本规定
GB 22021-2008 国家大地测量基本技术规定
CH/T 1026-2012 数字高程模型质量检验技术规程
DB51/T 1936-2014 地理信息公共服务平台数据规范 第1部分：矢量数据

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

堰塞湖 barrier lake, dammed lake

河道因滑坡、崩塌、冰碛物、泥石流、火山熔岩流等自然作用堵塞而形成的湖泊。

[来源：SL/T 450-2021，2.0.1]

3.2

堰塞体 barrier body

由自然作用形成、且对河道或沟谷形成堰塞的堆积体。堰塞体以形状不规则、颗粒组成级配宽、结构不均一与人工坝相区别。

[来源：SL/T 450-2021，2.0.2]

3.3

数字图像处理 digital image processing

用计算机对数字图像所进行的各种几何和辐射处理。

[来源：GB/T 14950-2009，5.168]

3.4

几何校正 geometric correction

为消除影像的几何畸变而进行投影变换和不同波段影像的套合等校正工作。

[来源：GB/T 14950-2009，5.190]

3.5

辐射校正 radiometric correction

对由于外界因素，数据获取和传输系统产生的系统的、随机的辐射失真或畸变进行的校正。

[来源：GB/T 14950-2009，5.195]

3.6

矢量数据 vector data

通过记录基础地理信息的坐标及空间关系来表达基础地理信息要素的空间位置及属性信息。

[来源：DB51/T 1936-2014，3.2]

3.7

栅格数据 raster data

按网格单元的行与列排列、具有不同灰度或颜色的阵列数据。

[来源：GB/T 16820-2009，5.14]

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）

SAR：合成孔径雷达（synthetic aperture radar）

5 总体要求

5.1 时间参考

纪元应采用公历纪年，时间应采用北京时间。

5.2 空间参考

大地基准和高程基准应符合GB 22021-2008中第4.1条和第5.1条的相关规定。

5.3 数据格式

数据格式应符合GB/T 17798-2007中第4.6条的相关规定，支持TIFF、GeoTIFF、IMG、PIX、BMP、HDF、JPEG、CNSDTF等数据格式，并支持TAR、GZ等压缩包形式。

5.4 数据质量

数据质量检查方法评定和结果评定应符合GB 21139-2007中第5章和GB/T 18316-2008中第7章的相关要求。

6 数据要求

6.1 遥感图像数据要求

6.1.1 遥感图像数据包括机载和星载数据，应具备以下三种波段之一：可见光波段（390nm-780nm）、近红外波段（760nm-1100nm）或微波波段（1mm-1000mm），遥感图像数据字典查询和说明可参照附录A。

6.1.2 遥感图像数据应覆盖堰塞湖及救援作业区域，且空间分辨率不应低于10m。

6.1.3 可见光图像中云或浓雾覆盖像元的面积占图像总面积的百分比不宜超过20%。可通过邻近多时相

图像合成晴空图像数据，以获取云覆盖或浓雾量覆盖范围符合要求的图像数据。

6.1.4 遥感图像应图面清晰，定位准确，无明显条纹、点状和块状噪声，无数据丢失，无严重畸变。

6.2 低空摄影数据要求

6.2.1 低空摄影数据可通过倾斜和垂直角度拍摄获取，通过数据处理后应可提供救援现场数字线划图、数字高程模型、数字正射图等结果。

6.2.2 图像预处理应保留原有图像的色调层次，并应反映图像的细部特征，纹理应清晰，色彩均衡。

6.2.3 数字正射图像图的制作宜采用数字摄影图像，其比例尺可选用 1:500、1:1000、1:2000 或 1:5000 等。

6.3 近景摄影数据要求

6.3.1 近景摄影数据可提供堰塞体、山体、水体等地物的等值线图、立面图、剖面图、表面模型，以及二维坐标、三维坐标等成果。

6.3.2 成图比例尺可根据堰塞湖不同地物尺寸和救援实际要求，选用 1:100、1:200、1:500、1:1000、1:2000 等。

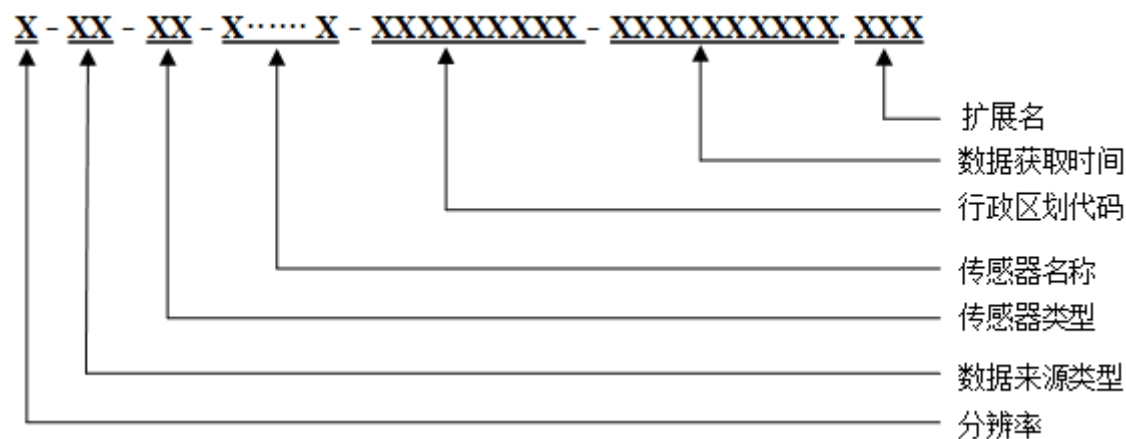
6.4 辅助数据要求

辅助数据应包含堰塞湖应急救援过程中用于数字图像预处理及相关信息提取的各类基础数据，其数据要素及数据质量应符合下列规定：

- a) 基础地理信息数据应包含用于遥感数据的选择、裁切、拼接、几何校正等的行政区划或监测区边界、数字高程模型（DEM）等数据。DEM数据格网间距应与遥感数据空间分辨率相近，其质量应符合CH/T1026-2012中第7章相应比例尺DEM的规定；
- b) 卫星及遥感器参数应包含卫星的轨道高度、观测天顶角和方位角、观测时间、太阳天顶角和方位角，遥感器的绝对辐射定标系数、相机光谱响应函数等参数；
- c) 控制点数据应包含用于几何校正及精度检验的地面实测或其他方式获取的地面控制点数据；
- d) 气象参数数据应包含用于大气校正的气溶胶光学厚度、大气水汽含量等数据。气象参数数据可从气象观测站点获取。

6.5 数据命名要求

在堰塞湖灾害应急救援过程中收集、存储、传输、处理和归档的数字图像文件名称应包括图像分辨率代码、数据来源类型、传感器类型、传感器名称、行政区划代码、数据获取时间等信息，并由不同的字符数组成。数字图像文件命名规则应符合图1的要求。



- 注1：扩展名用3位英文字母表示。
- 注2：数据获取时间：用10位数字表示，采用通用时间标签YYMMDDHHMM格式。
- 注3：行政区划代码用9位数字表示，其中前6位为国标码（中华人民共和国行政区划代码），后3位为乡代码。对于以省，地区、县为单位存储的数字图像数据，乡代码为数字“000”。
- 注4：传感器名称取传感器全称，不定长。
- 注5：传感器类型用2位英文字母表示。光学数据为Op，微波数据为Mw，红外数据为In。
- 注6：数据来源类型用2位英文字母表示。遥感数据为RD，低空摄影数据为LD，近景摄影数据为CD。
- 注7：图像分辨率代码用1位英文字母表示。高分辨率为H，中分辨率为M，低分辨率为L。

图 1 数字图像文件命名规则图示

7 数据处理

7.1 遥感图像数据处理

7.1.1 遥感图像数据处理程序

遥感图像数据处理程序包括预处理与信息提取两个阶段。其中，预处理阶段应根据不同类型数据选择对应内容，一般分为几何校正、辐射校正、投影转换、图像拼接、图像融合、图像裁切等步骤。信息提取阶段分为遥感图像处理、信息提取、后处理等3个步骤。

遥感图像数据处理程序应符合图2的要求。

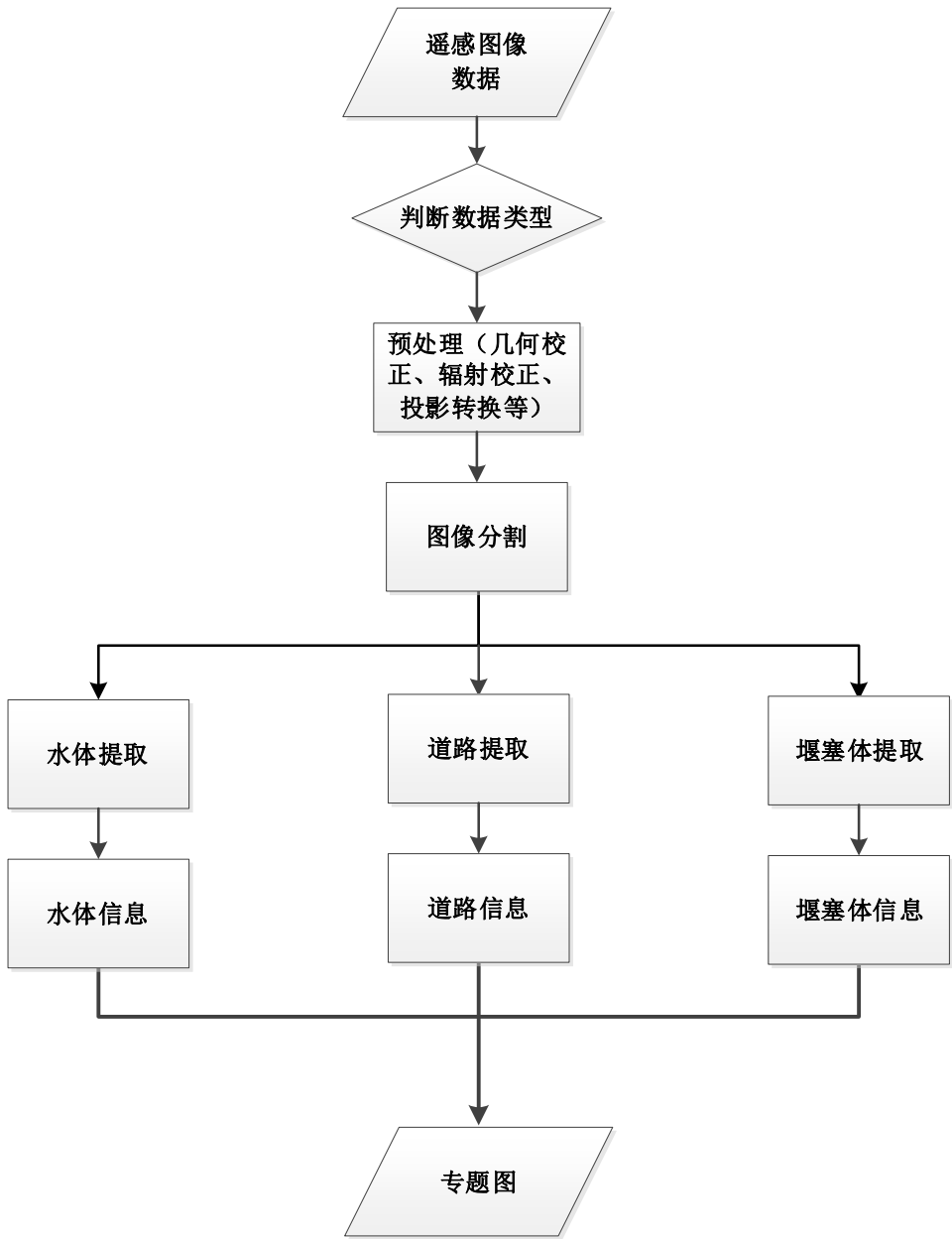


图 2 遥感图像数据处理程序示意图

7.1.2 数据准备

合成产品所用的基础图像数据要求见6.1，经过必要的图像增强处理。

7.1.3 几何校正

几何校正应符合下列规定：

- a) 重采样可采用最邻近像元法、双线性内插法、双三次卷积法等方法，进行与原遥感数据分辨率相同的重采样，计算出校正后图像像元位置的表观辐射亮度或表观反射率，形成几何校正后的遥感数据；
- b) 经过几何精校正后，卫星图像平地，丘陵地的大地坐标误差应小于或等于1个像元，山地、高山地的大地坐标误差应小于或等于2个像元。

7.1.4 辐射校正

辐射校正应符合下列规定：

- a) 辐射定标系数应以相应传感器的当年发布为依据，将图像的亮度灰度值转换为绝对的辐射亮度；
- b) 在不易获取实测地表反射率数据的情况下，可对图像中道路、水体、植被等具有独特光谱特征地物的地表反射率值进行定性评价，并评估其是否与典型道路、水体、植被光谱特征一致；
- c) 大气校正精度可采用地表反射率实测值定量评价，各波段地表反射率与地面同一时间、同一地点的地表反射率实测值的平均相对误差应小于15%。

7.1.5 图像拼接

应在统一的坐标系下进行图像镶嵌，并应保证相邻图像中的同一地物要素全部接边，不应出现河流、道路等地物的像元错位现象。

7.1.6 图像融合

图像融合应根据图像的灰度动态范围确定所采用的融合算法，可采用频域融合、PCA融合、IHS融合和泊松融合等不同的融合算法分别对图像进行适当的增强处理。

7.1.7 图像裁切

应将拼接好的图像用相应比例尺行政区划境界线裁切最后成图。

7.2 摄影数据处理

7.2.1 白平衡处理

应对原始记录的图像，选择中性灰的地物（如道路、建筑物），执行自动白平衡操作，完成整个测区图像数据的真彩色平衡。

7.2.2 缩略预览图生成

应对白平衡后的所有图像数据，定义统一输出分辨率，重采样缩小为长边200像素（视具体地物可更改）的缩略预览图，作为数据检查、快速浏览、索引图制作的基础数据。

7.2.3 原始格式转换

应选择白平衡后的所有图像数据，统一从原始数码后背记录格式转换为TIF格式，结果文件作为摄影资料存档数据。

7.2.4 图形要素编辑

图形要素经删除、修改、增补编辑处理后，应符合数据之间的相互并行、相交、搭接等要求。

7.2.5 图像文件整理

图像文件整理要求见6.5，应将TIF存档图像文件整理成标准命名，按航线或摄影地点坐标分目录存放成果文件。

8 信息提取

8.1 水体信息

8.1.1 水体信息提取程序

堰塞湖水体信息提取程序包括遥感数据处理、水体信息提取、后处理3个阶段，程序流程图如图3所示。

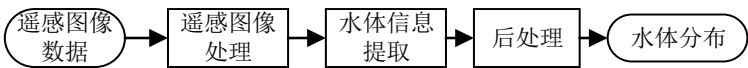


图 3 堰塞湖水体信息提取程序流程图

8.1.2 遥感图像数据

遥感图像数据准备要求见6.1。

8.1.3 遥感图像处理

遥感图像数据处理要求见7.1，遥感图像数据应经过几何校正、辐射校正、图像拼接、图像融合、图像裁切等处理。

8.1.4 水体信息提取

应采用目视解译、自动提取或两者结合的方法对水体分布要素进行解译。目视解译可采用直接判读、地理分析等多种方法。自动提取可采用阈值法、基于支持向量机等机器学习方法、基于卷积神经网络的深度学习方法。

8.1.5 后处理

水体信息提取结果应进行后处理，具体方法如下：

- a) 去噪，去除小的孤立像元或噪声；
- b) 空间平滑，利用空间滤波器（如中值滤波器）对提取结果进行平滑；
- c) 连通区域分析，通过连通性分析去除小面积的虚假水体；
- d) 矢量化，将提取的水体栅格数据转换为多边形或线状矢量数据。

8.1.6 成果要求

堰塞湖水体信息应主要包括水体分布，计量单位应为平方千米（km²）或平方米（m²），可叠加适当的行政区划界线、交通线、建筑及人员分布等信息。水体信息提取结果可参照附录C。

8.2 道路信息

8.2.1 道路信息提取程序

堰塞湖道路信息提取程序包括遥感数据处理、道路信息提取、后处理3个阶段，程序流程图如图4所示。

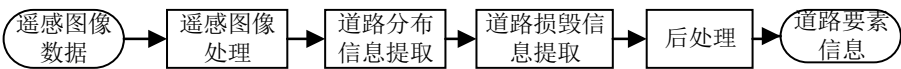


图 4 堰塞湖道路信息提取程序流程图

8.2.2 遥感图像数据

遥感图像数据准备要求见6.1。

8.2.3 遥感图像处理

遥感图像数据处理要求见7.1，遥感图像数据应经过几何校正、辐射校正、图像拼接、图像融合、图像裁切等处理。

8.2.4 道路分布信息提取

道路分布信息提取可采用传统机器学习方法或深度学习方法进行道路识别检测，并提取道路长度与宽度信息。其中，传统机器学习方法可通过提取图像中的光谱、纹理、形态学特征，利用支持向量机、随机森林等方法将图像像元分类为道路与非道路。深度学习方法可通过语义分割网络（如U-net、Mask R-CNN、DeepLab等）自动提取道路特征，获得道路分布精确信息。

8.2.5 道路损毁信息提取

道路损毁信息提取可采用目视解译、自动提取或深度学习方法对道路损毁信息进行提取。其中，目视解译可通过分析不同类型道路损毁在遥感影像上的表现特征，建立相应的视觉解译标志，如裂缝、坑洼、坍塌、滑坡等损毁类型的形态、色调、纹理等特征，将识别出的损毁信息在遥感图像上进行标注。自动提取方法可利用配准多时相遥感图像，对灾前和灾后图像道路提取结果进行差异计算来识别损毁区域。深度学习方法可对灾前和灾后影像进行差异分析，自动检测损毁区域，输出损毁区域的掩膜。

8.2.6 后处理

道路信息提取结果应进行后处理，具体方法如下：

- a) 噪声去除与边界平滑，可使用形态学操作（如开运算、闭运算）进行去噪和道路边界平滑；
- b) 矢量化，将提取的道路栅格数据转换为线状矢量数据；
- c) 人工修正，对于自动提取的道路分布区域及损毁区域结果进行人工修正和校正（主要为细节部分和难以检测的损毁道路）。

8.2.7 成果要求

堰塞湖道路信息应主要包括道路可通行宽度长度和损毁长度，计量单位为米（m），可叠加适当的行政区划界线、建筑及人员分布等信息。道路信息提取结果可参照附录C。

8.3 堰塞体信息

8.3.1 堰塞体信息提取程序

堰塞体信息提取程序包括遥感数据处理、水体信息提取、后处理3个阶段，程序流程图如图5所示。

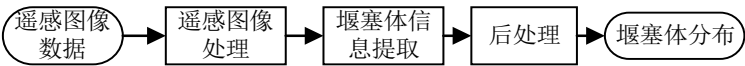


图 5 堰塞体信息提取程序流程图

8.3.2 遥感图像数据

遥感图像数据准备要求见6.1。

8.3.3 遥感图像处理

遥感图像数据处理要求见7.1，遥感图像数据应经过几何校正、辐射校正、图像拼接、图像融合、图像裁切等处理。

8.3.4 堰塞体信息提取

应采用目视解译、自动提取或两者结合的方法对堰塞体分布要素进行解译。目视解译可采用直接判读、地理分析等多种方法。自动提取可采用阈值法、基于支持向量机等机器学习方法、基于卷积神经网络的深度学习方法。

8.3.5 后处理

堰塞体信息提取结果应进行后处理，具体方法如下：

- a) 去噪，去除小的孤立像元或噪声；
- b) 空间平滑，利用空间滤波器（如中值滤波器）对提取结果进行平滑；
- c) 连通区域分析，通过连通性分析去除小面积的虚假堰塞体；
- d) 矢量化，将提取的堰塞体栅格数据转换为多边形或线状矢量数据。

8.3.6 成果要求

堰塞体信息应主要包括堰塞体分布，计量单位为平方千米（km²）或平方米（m²），可叠加适当的行政区划界线、交通线、建筑及人员分布等信息。堰塞体信息提取结果可参照附录C。

9 精度验证

应利用所有正确分类的像元占总的像元的比例对图像提取结果进行精度验证，宜用Kappa系数作为评价指标，各项信息处理结果的Kappa系数宜大于75%。否则，应重新更新样本或更换后处理方法开展信息提取。Kappa系数计算方法如下：

$$\kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c}$$

$$P_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N a_{ii}$$

$$P_c = \frac{1}{n^2} \sum_{k=1}^N \left(\sum_{i=1}^N a_{ki} \cdot \sum_{i=1}^N a_{ik} \right)$$

式中：

κ —Kappa系数；

\mathbf{a} —混淆矩阵；

n —图像总的像元数；

N —图像类别数。

10 成果审核与归档

10.1 成果审核内容

成果审核应包括但不限于以下内容：

- a) 图像数据存储内容和格式，可参照附录B；
- b) 图像数据获取和处理内容，可参照附录B。

10.2 成果归档内容

成果归档应包括但不限于以下内容：

- a) 收集的原始数据、资料；
- b) 经处理的过程数据；
- c) 参考数据；
- d) 信息提取成果；
- e) 其他说明性文件。

附录 A
(资料性)
遥感图像数据字典查询及说明表

A.1 遥感图像产品级别/内容

遥感图像产品级别/内容见表A.1。

表A.1 遥感图像产品级别/内容

产品级别/代码 编号	文件组成			
	图像/数据文件	成像参数文件	元数据文件	快视图文件
L0 (01)	●	●	●	○
L1 (02)	●	●	●	●
L2 (03)	●	○	●	●
L3 (04)	●	○	●	●
L4 (05)	●	—	●	●
L5 (06)	●	—	●	●
L6 (07)	●		●	●
注：“●”表示必选项；“○”表示可选项；“—”表示无				

A.2 传感器类型

传感器类型见表A.2。

表A.2 传感器类型

代码编号	名称	备注
01	框幅式	框幅式相机
02	推扫式	推扫式相机
03	摆扫式	摆扫式相机
04	全景	全景相机
05	红外	红外相机
06	激光	激光传感器
07	雷达	雷达成像传感器

A.3 时间单位

时间单位见表A.3。

表A.3 时间单位

代码编号	名称	备注
01	年	年 (y)
02	天	天 (d)
03	小时	小时 (h)
04	分	分 (m)

表 A. 3 时间单位（续）

代码编号	名称	备注
05	秒	秒（s）
06	微秒	微秒（ms）

A. 4 像素类型

像素类型见表A. 4。

表A. 4 像素类型

代码编号	名称	备注
01	无符号字节型	没有符号的采用8bit存储的字节类型
02	无符号16位整型	没有符号的采用16bit存储的整数类型

附 录 B
(资料性)

堰塞湖灾害应急救援数字图像获取、存储及处理审核表

B.1 图像数据存储内容和格式

图像数据存储内容和格式见表B.1。

表 B.1 图像数据存储内容和格式

遥 感 数 据	数据名称							
	传感器及平台类型							
	数据格式		元数据					
	数据产品级别		数据获取时间					
	数据质量		数据精度		1、高 2、中 3、低			
摄 影 数 据	拍摄方式		快视图/缩略图					
	拍摄地点							
	拍摄时间							
	存储方式	1、本地 2、在线						
	存储格式							
	辅助数据							
	数据质量							
	是否标注		是否有视频数据			是否有救援信息		

B.2 图像数据获取和处理内容说明

图像数据获取和处理内容说明见表B.2。

表 B.2 图像数据获取和处理内容说明

序 号	数据获取		预处理		信息提取内容					
	处理人 员姓名	数据获 取时间 地点	遥感数 据	摄影数据	信息一	日期	信息二	日期	信息三	日期

附录 C

(资料性)

堰塞湖灾害信息提取样例图

C.1 2008 年唐家山堰塞湖信息提取结果

2008年唐家山堰塞湖信息提取结果见图C.1。

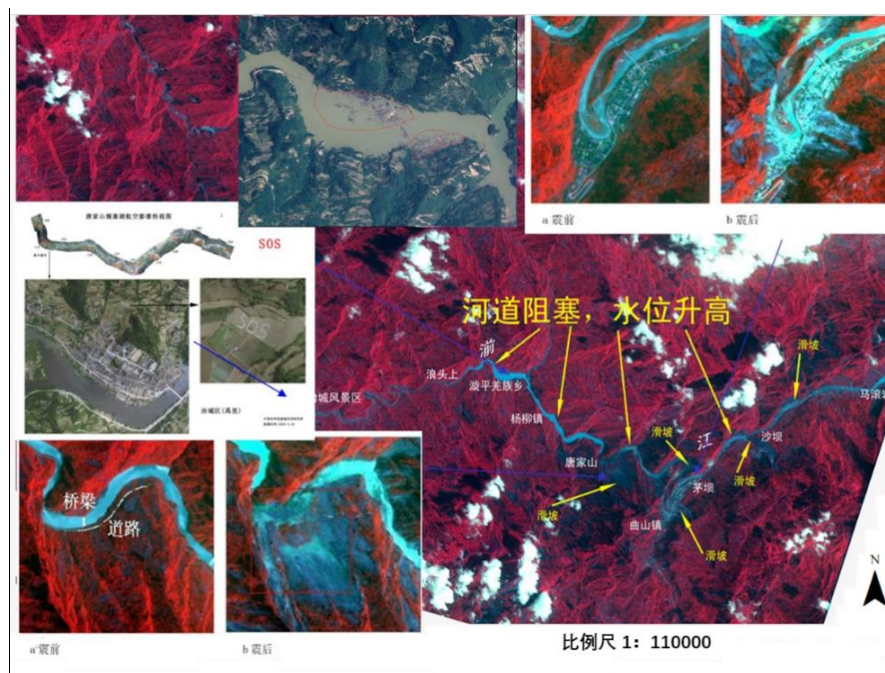


图 C.1 唐家山堰塞湖遥感数字图像

C.2 2018 年金沙江堰塞湖信息提取结果

2018年金沙江堰塞湖信息提取结果见图C.2。

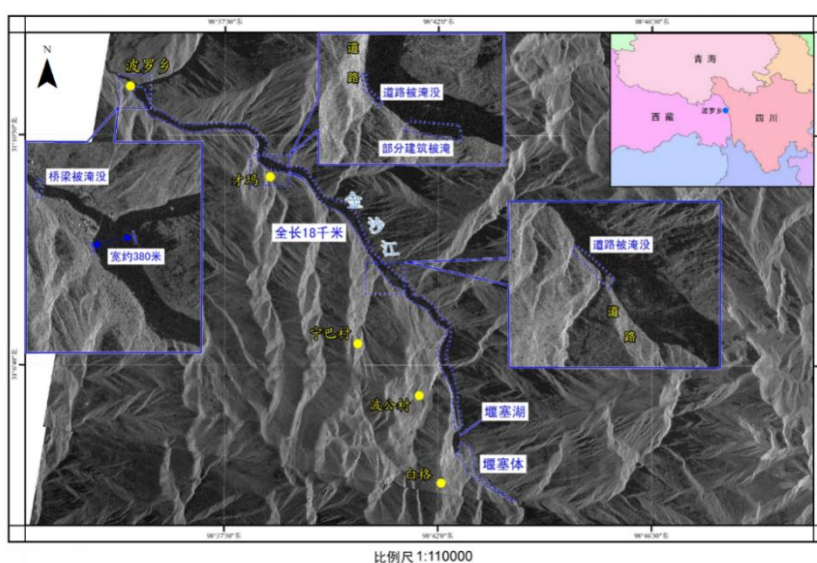


图 C.2 金沙江堰塞湖遥感数字图像

参 考 文 献

- [1] GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语
 - [2] GB/T 16820-2009 地图学术语
 - [3] SL/T 450-2021 堰塞湖风险等级划分与应急处置技术规范
-