

## 5.12 汶川地震航空遥感应急调查

王治华\*, 徐起德, 徐斌, 张微

中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083

\* E-mail: [wzh@agrs.cn](mailto:wzh@agrs.cn)

收稿日期: 2008-08-19; 接受日期: 2008-12-05

**摘要** 5.12 汶川大地震后, 航空遥感快速覆盖了灾区现场, 应急航摄图像解译迅速确定了地震灾区分布范围, 获取了地震影响范围内毁房、毁路、堵江和被破坏基础设施的位置、规模等灾情信息, 以及次生地质灾害类型、分布及规模信息, 为抢救生命、修复交通线和估算灾情提供了基本依据. 进一步解译分析表明大型次生地质灾害主要分布在震中北东  $45^{\circ}\sim 50^{\circ}$  方向, 从零到 300 km 范围, 今年的汛期和未来几年内大约有 137 处大规模滑坡、泥石流发生, 制定重建和发展规划时不但应避免让目前分布的大型灾害, 还应充分考虑潜在大型灾害.

### 关键词

5.12 汶川大地震  
航空遥感  
次生灾害  
潜在灾害

5.12 汶川地震后, 中国国土资源航空物探遥感中心(以下简称航遥中心)、国家测绘局、中国科学院等单位闻灾而动, 各自派出了最先进的遥感数据采集设备参与救灾工作. 航空遥感以反应快速, 机动灵活, 高精度、高清晰、高速度获取灾区现场信息优势, 在抗震救灾中发挥了无可替代的作用.

### 1 航摄数据的获取与处理

#### 1.1 采用的先进技术

**1.1.1 传感器.** 航遥中心投入的传感器设备包括光学航空摄影相机和国内近两年从国外引进的数字航空摄影相机 DMC、ADS40 和 UDC.

基于面阵的UCD数字航空摄影系统, 像元尺寸大小为  $12\ \mu\text{m}$ , 本次覆盖灾区面积达  $4700\ \text{km}^2$ ; 基于线阵的ADS40数字摄影系统, 像元尺寸大小为  $6.5\ \mu\text{m}$ , 覆盖灾区面积  $20000\ \text{km}^2$ . 该二系统均能在一次飞行便提供 3 个全色与 4 个多光谱波段,  $0.2\sim 0.5\ \text{m}$  分辨率的数字影像.

光学相机有RC30和RMK TOP航摄仪, 分解力均

达到  $114\ \text{l p/mm}$ (线对/毫米), 可获取  $0.3\sim 0.5\ \text{m}$  分辨率的全色及彩红外航摄图像, 本次覆盖灾区面积达  $18300\ \text{km}^2$ .

**1.1.2 机载 POS 系统.** 为 5.12 震后应急救灾, 航遥中心在传感器上配备了先进的机载 POS 系统, 在航空摄影的同时直接获取曝光瞬间航片的精确位置坐标和姿态参数, 这样航空摄影后便可直接转入内业影像图制作工序, 省掉了地面测量和空三加密工序. 该技术为灾区正射影像图的快速制作提供了有力的支持.

**1.1.3 DPGrid技术系统.** 数字摄影测量网格(Digital Photogrammetric Grid, DPGrid)系统是在国家 985 工程支持下, 由武汉大学遥感信息工程学院研制的具有完全自主知识产权的全数字摄影测量并行处理系统. 该技术系统使摄影测量由“数字化”时代进入“网络化与集群处理”的新时代, 极大地简化了摄影测量生产的流程, 提高了自动化程度, 从而大大提高了生产效率, 不仅促使摄影测量生产组织发生新的变革, 并将进一步拓展摄影测量的应用领域, 在本次抗震

救灾中凸显其巨大作用<sup>[1]</sup>.

## 1.2 飞行面积

根据国土资源部的部署, 确定的飞行范围是西起理县, 东至德阳, 南起都江堰, 北到青川. 航遥中心六架飞机共起飞 43 架次, 有效作业 32 架次, 飞行覆盖面积 43000 km<sup>2</sup>, 覆盖了重灾区 12 个县市, 涉及到近 40 个县市. 基本实现了对汶川地震重灾区龙门山断裂带 300 km 长、110 km 宽区域的航空遥感全覆盖, 见图 1.

## 2 航摄资料解译

获取航摄资料后, 解译 5.12 地震的灾情及次生灾害工作在 ERDAS, ENVI, PHOTOSHOP 图像处理软

件平台和 MAPGIS, ARCGIS 平台上以人机交互方式进行<sup>[1,2]</sup>. 解译工作分二个阶段: 第一阶段, 以灾情调查为主, 服务于抢救生命和评估灾情; 第二阶段, 在前阶段全区解译的基础上对 12 县的重点灾害区进行解译, 主要服务于灾后规划重建.

为了与灾前的地表环境进行对比, 航遥中心在震后第二天就制作完成了覆盖整个川西及陕西、甘肃等地震影响区, 面积达 40317 km<sup>2</sup> 的精校正 15 米分辨率的 ETM 卫星图像为震后灾害灾情解译提供了宝贵的对比基础.

个别云雾覆盖地区等未能获取合格航摄图像的地区则采用高分辨率 SAR 图像.

故本解译以航摄资料为主, 但也使用了部分卫星数据图像.

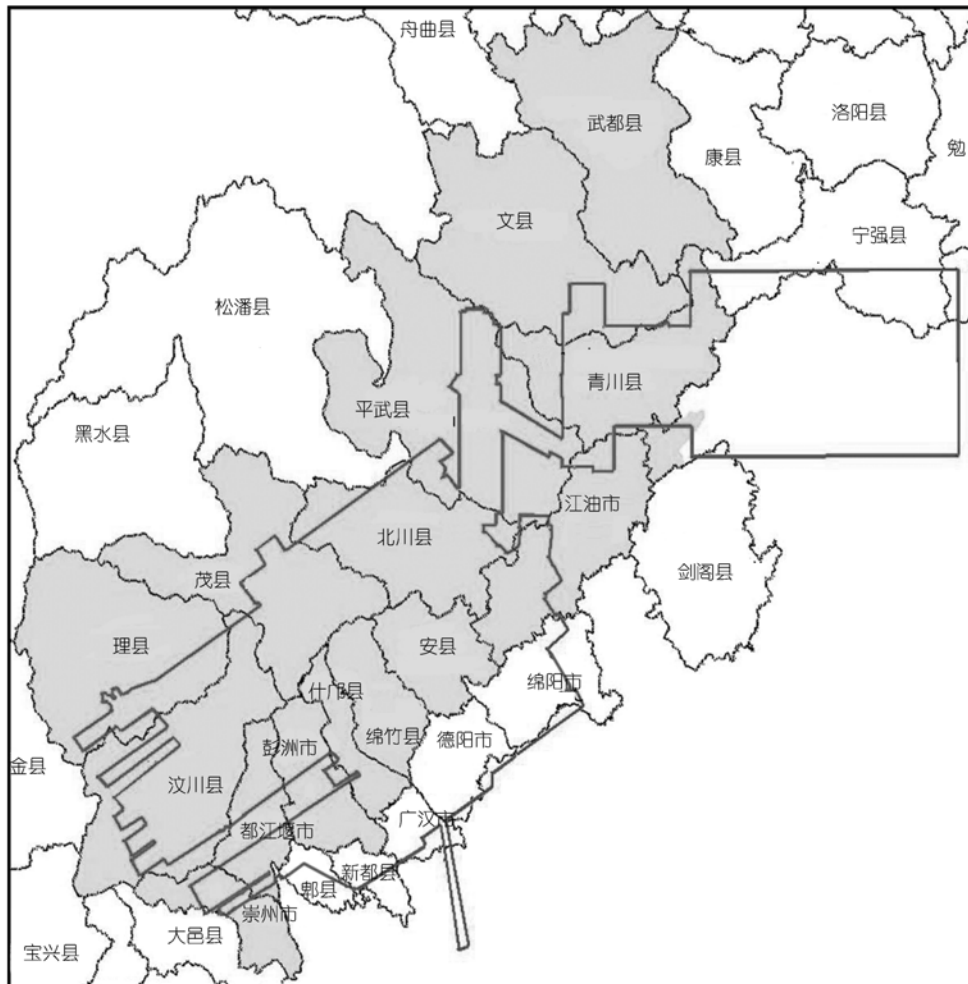


图 1 5.12 汶川大地震航空遥感应急调查覆盖范围

2.1 以抢救生命和评估灾情为目的的全区灾情解译(5月14日至5月18日)

该阶段解译提供灾区的毁房、毁路、毁桥梁、损毁电站等基础设施及江河堵塞等灾情点的位置、面积或长度, 数量及堵江原因等资料. 例如, 5月14日晚上在获得第一批北川和汶川的航摄图像后, 我们便连夜解译了这二个县城的震后灾情, 提交了北川和汶川县城及周围共330余平方公里调查区的灾情灾害初步解译结果. 以下以汶川县映秀镇和北川县为例说明航摄资料应急调查的初步解译结果.

2.1.1 汶川县映秀镇初步解译. 映秀镇属四川省阿坝藏族羌族自治州汶川县, 位于5.12八级地震震中东北11.7 km处. 震前是岷江下游山区的一个山青水秀的小镇. 映秀镇地区位于龙门山活动断裂带的中央断裂带即北川-映秀深断裂带. 沿断裂带地震活动频繁, 但历史纪录未见7级以上地震发生.

区内主要分布印支期二长花岗岩<sup>[3]</sup>.

映秀镇航片为灾后第四天5月16日航遥中心赛斯纳208飞机携带的高清晰彩色数码相机航摄的数据, 图像为真彩色, 地面分辨率为0.3 m. 图像清晰, 色彩饱和, 纹理明显, 真实地反映灾后映秀镇地区的灾情灾害面貌. 本解译范围包括映秀镇及周围地区约23 km<sup>2</sup>地区.

2.1.2 灾情解译. 映秀镇地区的5.12地震毁房情况如图2所示. 本次在映秀镇区域初步解译了117处成片倒毁的建筑, 如表1所示, 总面积: 30.5 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>. 其中大于1 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>的5处, 共计17.3 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>; 毁房0.1 × 10<sup>4</sup> ~



图2 映秀镇地区的5.12地震毁房情况

1 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>的34处, 共计10.26 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>; 毁房小于1000 m<sup>2</sup>的78处, 共计2.99 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>.

317国道和303省道通过映秀镇, 调查区内公路总长为20170 m. 5.12地震在本区毁路共36段, 毁路总长度为13168 m, 所占比例为65.3%, 如表2所示.

其中, 毁路长度小于100 m的有17段, 总长度为910 m, 占毁路全长比例为6.9%; 毁路长度大于100 m, 小于300 m的有7段, 总长度为1049 m, 占毁路全长比例为8.0%; 毁路长度大于100 m, 小于300 m的有7段, 总长度为1049 m, 占毁路全长比例为8.0%; 毁路长度大于300 m的有12段, 总长度为11209 m, 占毁路全长比例为85.1%.

调查区内河流主要有岷江和其支流烧汤河两条, 图像范围内河流总长11634 m, 发现曾有两处堵江, 其位置及堵江长度见表3. 一处位于岷江, 二处位于烧汤河, 总长度为627 m, 现均已被冲开. 如图3.

表1 映秀镇地区毁房初步解译统计

| 编号 | 位置          | 范围/m <sup>2</sup> | 该范围总面积 | 居民点个数 | 与公路关系   |
|----|-------------|-------------------|--------|-------|---------|
| 1  | 映秀镇         | 大于1万              | 173000 | 5     | 公路旁     |
| 2  | 映秀镇         | 1000~1万           | 78100  | 24    | 公路旁     |
| 3  | 映秀镇         | 小于1000            | 16800  | 42    | 公路旁     |
| 4  | 映秀镇南1000 m  | 小于1000            | 3500   | 11    | 8处位于公路旁 |
| 5  | 映秀镇西南1500 m | 1000~1万           | 1800   | 1     | 公路旁     |
| 6  | 映秀镇西南1500 m | 小于1000            | 2500   | 6     | 公路旁     |
| 7  | 映秀镇西1500 m  | 小于1000            | 400    | 2     |         |
| 8  | 映秀镇西北2000 m | 1000~1万           | 1100   | 1     | 公路旁     |
| 9  | 映秀镇西北2000 m | 小于1000            | 700    | 3     | 2处位于公路旁 |
| 10 | 老街          | 1000~1万           | 6900   | 4     | 公路旁     |
| 11 | 老街          | 小于1000            | 4300   | 10    | 9处位于公路旁 |
| 12 | 老街北1000 m   | 1000~1万           | 5900   | 2     | 公路旁     |
| 13 | 老街北2000 m   | 1000~1万           | 8800   | 2     | 公路旁     |
| 14 | 老街北2000 m   | 小于1000            | 1700   | 4     | 公路旁     |

表 2 映秀镇地区的 5.12 地震毁路初步解译统计

| 编号 | 中心点坐标(X, Y) |         | 长度/m     | 毁路原因     |
|----|-------------|---------|----------|----------|
| 1  | 354832      | 3443643 | 434.628  | 沟谷泥石流    |
| 2  | 354806      | 3443295 | 68.783   | 崩塌       |
| 3  | 354857      | 3443150 | 108.178  | 崩塌       |
| 4  | 355476      | 3442287 | 1455.888 | 崩塌       |
| 5  | 355486      | 3441585 | 65.384   | 崩塌       |
| 6  | 355460      | 3441289 | 360.215  | 崩塌       |
| 7  | 355460      | 3441056 | 54.116   | 崩塌       |
| 8  | 355376      | 3440637 | 24.723   | 崩塌       |
| 9  | 355342      | 3440382 | 111.364  | 坡面泥石流    |
| 10 | 355722      | 3439831 | 979.967  | 坡面泥石流    |
| 11 | 355534      | 3437952 | 1137.558 | 滑坡群      |
| 12 | 355017      | 3437662 | 129.293  | 滑坡群      |
| 13 | 354877      | 3437504 | 60.977   | 滑坡群      |
| 14 | 354703      | 3442792 | 2485.866 | 坡面泥石流、崩塌 |
| 15 | 355346      | 3441562 | 145.949  | 坡面泥石流    |
| 16 | 355383      | 3440261 | 1837.333 | 坡面泥石流    |
| 17 | 355886      | 3439470 | 30.756   | 崩塌       |
| 18 | 355762      | 3439366 | 49.599   | 崩塌       |
| 19 | 355840      | 3439187 | 307.242  | 崩塌       |
| 20 | 355870      | 3438798 | 296.127  | 崩塌       |
| 21 | 353449      | 3440002 | 441.969  | 坡面泥石流、崩塌 |
| 22 | 354050      | 3439853 | 581.429  | 坡面泥石流、崩塌 |
| 23 | 354592      | 3439623 | 465.032  | 沟谷泥石流、崩塌 |
| 24 | 355243      | 3439353 | 721.763  | 崩塌       |
| 25 | 355233      | 3439116 | 55.669   | 滑坡       |
| 26 | 355187      | 3439185 | 64.921   | 崩塌       |
| 27 | 355155      | 3439068 | 134.764  | 崩塌       |
| 28 | 355109      | 3438822 | 24.925   | 坡面泥石流    |
| 29 | 355069      | 3438746 | 63.533   | 崩滑       |
| 30 | 355075      | 3438585 | 47.984   | 崩塌       |
| 31 | 355296      | 3738235 | 46.668   | 崩塌       |
| 32 | 355073      | 3438076 | 91.067   | 崩塌       |
| 33 | 354975      | 3438031 | 65.381   | 崩塌       |
| 34 | 354758      | 3437934 | 64.255   | 滑坡       |
| 35 | 354658      | 3437866 | 31.194   | 崩滑       |
| 36 | 354529      | 3437691 | 123.621  | 滑坡       |

表 3 映秀镇地区的 5.12 地震堵江初步解译统计

| 编号 | 中心点坐标(X, Y) |         | 长度/m   | 堵江性质     |
|----|-------------|---------|--------|----------|
| 1  | 355423      | 3441923 | 387.96 | 崩塌       |
| 2  | 354052      | 3439790 | 239.30 | 坡面泥石流、崩塌 |

2.1.3 灾害解译. 遥感解译发现本区崩塌、滑坡、泥石流灾害十分严重, 以下分类简介.

1) 泥石流. 5.12地震后在本区触发的泥石流类型主要是坡面泥石流, 这是在斜坡上发育的一系列浅沟, 是沟谷型泥石流的早期阶段. 映秀镇地区广泛分布的花岗岩, 在当地温暖湿润植被茂盛的气候条件下、易风化, 故有较厚的风化层覆盖, 在剧烈地震

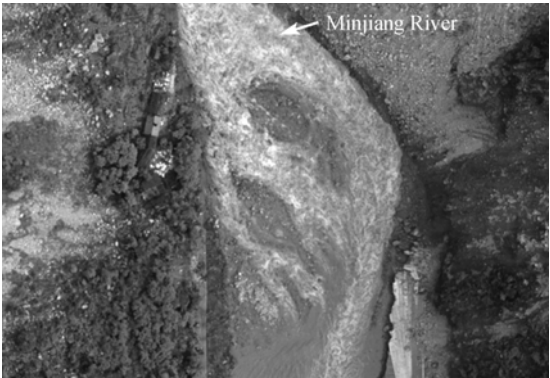


图 3 5.12 地震使映秀镇地区岷江两岸 317 国道及省道大部被毁, 短时堵江

动下, 极易触发坡面泥石流, 它是 5.12 地震在本区触发最多, 分布最广的地质灾害. 全区解译坡面泥石流 21 处, 估算总面积为  $8,323,488 \text{ m}^2$ , 约占本区全部面积的 36%, 见图 4.

2) 崩塌和崩滑. 崩滑包括崩塌和塌滑, 是 5.12 地震在本区触发的又一类重要的斜坡侵蚀类型. 初步解译共解译了崩滑 14 处, 估算总面积为  $2,290,081 \text{ m}^2$ , 约占本区全部面积的 10%, 见图 5.

3) 滑坡. 滑坡指部分斜坡在重力作用下沿着斜坡内一个或数个面作剪切运动的现象. 5.12 地震在本区触发滑坡 13 处, 估算总面积为  $2,439,352 \text{ m}^2$ , 约占全部面积的 11%, 见图 6.

以上遥感调查有以下结论.

1) 映秀镇地区离 5.12 地震中心仅 11.7 km, 是近中心灾区, 地震造成的灾情特别严重, 房屋建筑几乎全部被破坏和倒塌, 65% 的公路段被崩滑体或泥石流毁坏或掩埋, 岷江及支流成为高含沙河并多处曾被



图 4 5.12 地震在映秀镇地区触发的坡面泥石流



图 5 5.12 地震在映秀镇地区触发的崩滑



图 6 5.12 地震在映秀镇地区触发的滑坡

短暂堵塞后冲开.

2) 5.12 地震在本区触发了大量崩塌、滑坡、泥石流. 其中以坡面泥石流及崩滑最多, 这些灾害的堆积体面积约占全区的 57%, 其破坏面积(包括堆积体及后壁和侧壁)超过全区面积的 80%.

各类灾害面积统计如表 4.

研究区面积内, 按照上游右岸至下游右岸, 下游左岸至上游左岸灾害编号.

2.1.4 北川县城及附近初步解译. 北川县是 5.12 地震的重灾区. 北川县城解译先后以 1 m 分辨率的全色和彩色图像进行. 初步解译结果北川及附近  $233 \text{ km}^2$  调查区县城及附近整片倒塌房屋 66 片, 面积为  $40.8 \times 10^4 \text{ m}^2$ ; 调查区内毁路共计约 15 km, 其中长于 300 m 的毁路 13 处, 共计 13.2 km; 100~300 m 的 10 处, 1.7 km; 小于 100 m 的 2 处, 共 0.1 km; 共解译了崩滑体 60 处, 其中大于  $100 \times 10^4 \text{ m}^2$  的 3 处,  $50 \times 10^4 \sim 100 \times 10^4 \text{ m}^2$  的 10 处,  $10 \times 10^4 \sim 50 \times 10^4 \text{ m}^2$  的 20 处,  $1 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 \text{ m}^2$  的 27 处. 沟谷型泥石流 2 处, 坡面泥石流数量众多, 难以统计.

以北川湔江沿岸唐家山至马滚岩说明堵江解译结果. 该段湔江长约 19.5 km, 解译了 7 处堵江段及一处潜在堵江段如表 5 所示.

本区的堵河坝大部由滑坡及崩滑体活动形成, 由于这些灾害体大部分处于活动状态, 堵江坝的规模也处于变化中; 又由于山区河水河道比降大, 堵江坝处于上游河水的强大冲刷作用中, 所以坝体会变短或被冲开, 故本河段的堵江坝处于动态变化中.

表 4 映秀镇地区的 5.12 地震触发的各类地质灾害解译综合统计

| 滑坡编号 | 面积/m <sup>2</sup> | 崩滑编号 | 面积/m <sup>2</sup> | 泥石流编号 | 堆积区面积/m <sup>2</sup> | 汇水区或斜坡面积/m <sup>2</sup> |
|------|-------------------|------|-------------------|-------|----------------------|-------------------------|
| 1    | 235418            | 1    | 180541            | 1     | 3280                 | >751750                 |
| 2    | 50544             | 2    | 48606             | 2     |                      | >1140237                |
| 3    | 91213             | 3    | 109237            | 3     |                      | 246270                  |
| 4    | 22033             | 4    | 168153            | 4     | 2861                 | 703578                  |
| 5    | 115787            | 5    | 12358             | 5     |                      | 232890                  |
| 6    | 752877            | 6    | 2725              | 6     |                      | 406026                  |
| 7    | 156379            | 7    | 6902              | 7     |                      | 157802                  |
| 8    | >379447           | 8    | 7702              | 8     |                      | 305538                  |
| 9    | 60866             | 9    | >288783           | 9     |                      | 298998                  |
| 10   | 267324            | 10   | 74016             | 10    |                      | >329644                 |
| 11   | 32525             | 11   | 49734             | 11    |                      | 544519                  |
| 12   | 267324            | 12   | 522769            | 12    |                      | 21962                   |
| 13   | 7615              | 13   | 69932             | 13    |                      | >729568                 |
|      |                   | 14   | 748623            | 14    | 4706                 | >420192                 |
|      |                   |      |                   | 15    |                      | 367303                  |
|      |                   |      |                   | 16    |                      | >416176                 |
|      |                   |      |                   | 17    |                      | 344537                  |
|      |                   |      |                   | 18    |                      | 326698                  |
|      |                   |      |                   | 19    |                      | 282483                  |
|      |                   |      |                   | 20    | 5918                 | 176597                  |
|      |                   |      |                   | 21    | 4766                 | >120720                 |

表 5 岷江北川唐家山至马滚岩段堵江解译结果

| 所在地名     | 堵湍河性质      | 堵江长度/m |
|----------|------------|--------|
| 唐家山、苦竹坝  | 滑坡活动和泥石流活动 | 2430   |
| 楼房坪(白果树) | 滑坡         | 568    |
| 龙尾       | 崩滑         | 255    |
| 北川县城上游   | 滑坡         | 80     |
| 北川县城     | 古滑坡部分复活    | 潜在     |
| 沙坝       | 崩滑         | 160    |
| 邓家渡对岸    | 崩滑         | 252    |
| 马滚岩      | 崩滑         | 640    |
| 合计       |            | 4385   |

初步解译认为北川县城坐落在大型古滑坡上, 其覆盖面积达  $527\times10^4\text{ m}^2$ . 北川县城建在该古滑坡的前缘平台上. 本次地震后滑坡前缘至少有 6 处大规模块体活动, 前缘部分块体活动掩埋了部分县城.

唐家山滑坡为一覆盖面积约  $68.1\times10^4\text{ m}^2$  的古滑坡, 这次堵河的滑坡坝是该滑坡的复活部分, 覆盖面积仅约  $36.2\times10^4\text{ m}^2$ , 只占整个滑坡体的约 53%, 滑坡平均厚度约 100 m, 估算复活体积  $3620\times10^4\text{ m}^3$ .

第一阶段灾情灾害解译结果已及时地, 分期分批提供给国土资源部及汶川抗震救灾指挥部及当地政府使用.

2.2 服务于灾后重建规划的重点灾害区解译(5 月 19 日至今)

在 5.12 地震影响区第一阶段遥感解译的基础上, 选择四川省境内次生灾害严重的 12 个县市(都江堰市、汶川县、理县、彭州市、江油市、什邡市、绵竹市、北川县、茂县、安县、平武县和青川县)共约 80 个乡镇或村子片区, 对这里的大型次生灾害进行进一步解译. 解译结果被迅速制成以各县(市)为单位的图册供中央有关部门及地方灾后重建规划使用.

2.3 解译结果分析

第二阶段的遥感解译更加全面及深入地了解了 5.12 地震在四川触发的大型次生地质灾害的类型、分布、数量及规模等情况, 其类型、数量及规模如表 6 所示.

表 6 四川 5.12 地震重灾区大型次生灾害统计

| 灾害类型  | 数量/个 | 覆盖面积/km <sup>2</sup> |
|-------|------|----------------------|
| 滑坡    | 35   | 19.86                |
| 崩滑    | 31   | 24.05                |
| 坡面泥石流 | 45   | 212.05               |
| 碎屑流   | 47   | 20.21                |
| 泥石流   | 20   | 2248.39(沟谷流域面积)      |
| 合计    | 178  | 2524.56              |

全区共有 5 类特大地质灾害 178 处, 总覆盖面积为 2524.56 km<sup>2</sup>, 约占全区地表面积的四分之一. 由于沟谷泥石流以流域面积计算其覆盖面积, 所以包括一部分非灾害面积, 所以实际上坡面泥石流分布面积最大, 平均约为其它 3 类灾害的 10 倍.

图 7 显示以震中为原点, 调查区灾害体的分布特征, 即各灾害体与震中的距离及所在方位. 图 7 表明大部分灾害体分布在震中北东 40°~50°的方向上, 其中尤以北东 46°~47°更加集中.

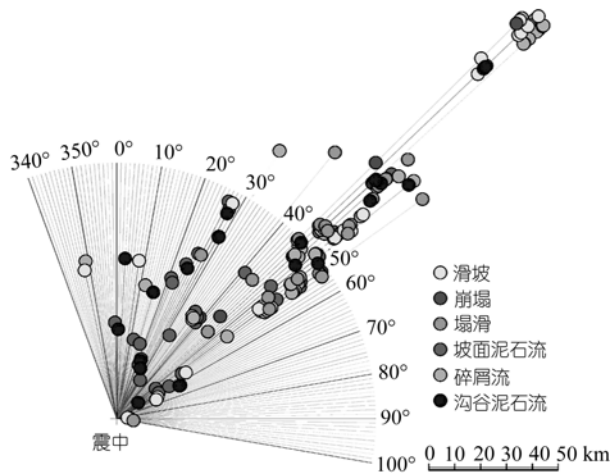


图 7 5.12 地震在四川境内触发的大型地质灾害分布特征

从离震中 0~300 m 距离均有灾害体分布. 经查离震中北东 150~200 m 距离处(北川县北部至平武县南部)的灾害体缺失是由于该处一直未能有合格的获取遥感数据的天气.

3 5.12 地震潜在次生地质灾害预测

3.1 潜在次生重大地质灾害遥感解译

潜在次生地质灾害指的是以下两种情况: ① 5.12 汶川大地震后至目前尚未发生, 但未来, 特别是强降雨后可能发生的崩塌、滑坡、泥石流灾害; ② 5.12 汶川大地震后已经发生了局部灾害, 但未来强降雨后, 可能更大规模活动的崩塌、滑坡、泥石流灾害.

在全区二个阶段的灾情灾害遥感调查后, 对重点灾害县的重点灾害区的潜在大中型泥石流, 及大型崩塌滑坡进行了分析解译, 表 7 为解译结果.

表 7 5.12 地震后四川重点次生灾害区潜在地质灾害分析解译简表

| 地名  | 潜在泥石流/条 |    |    | 滑坡/个·m <sup>-2</sup>      | 崩滑/个·m <sup>-2</sup>  | 共计  |
|-----|---------|----|----|---------------------------|-----------------------|-----|
|     | 特大      | 大  | 中  |                           |                       |     |
| 都江堰 | 0       | 5  | 10 | 6/94×10 <sup>4</sup>      | 0                     | 21  |
| 汶川  | 1       | 19 | 8  | 7/110.5×10 <sup>4</sup>   | 0                     | 35  |
| 理县  | 0       | 0  | 2  | 1/22×10 <sup>4</sup>      | 0                     | 3   |
| 什邡市 | 0       | 4  | 7  | 1/155×10 <sup>4</sup>     | 3/46×10 <sup>4</sup>  | 15  |
| 彭州市 | 0       | 3  | 0  | 0                         | 0                     | 3   |
| 绵竹市 | 2       | 5  | 0  | 0                         | 0                     | 7   |
| 茂县  | 1       | 1  | 4  | 6/81.9×10 <sup>4</sup>    | 0                     | 12  |
| 北川县 | 0       | 6  | 6  | 6/716×10 <sup>4</sup>     | 0                     | 18  |
| 江油市 | 0       | 1  | 0  | 0                         | 0                     | 1   |
| 安县  | 0       | 8  | 3  | 0                         | 0                     | 11  |
| 平武县 | 0       | 1  | 1  | 0                         | 0                     | 2   |
| 青川  | 1       | 3  | 3  | 1/28×10 <sup>4</sup>      | 1/110×10 <sup>4</sup> | 9   |
| 共计  | 5       | 55 | 44 | 28/1207.4×10 <sup>4</sup> | 4/156×10 <sup>4</sup> | 137 |

3.2 潜在次生地质灾害危险性评价

5.12 地震属浅源地震, 震中位置在离地表约十几公里的地下, 故在广泛的范围地表有震动反应. 发震构造——龙门山大断裂的中央断裂带的位置和延伸方向是控制震后次生地质灾害分布发育及未来潜在地质灾害分布发育的最主要和最重要因素. 从震中向北东延伸至平武南坝镇再至青川的条带约 300 km 长, 四川省内约 10<sup>4</sup> 平方公里的强影响区(以下简称四川影响区)内, 由于地面的高速、强烈震动与重力作用迭加, 造成斜坡堆积层或风化层的碎屑化和液化后发生崩滑或流动, 故引发了数以万计的以崩滑、碎屑流及坡面泥石流为主的次生地质灾害. 这些灾害活动的结果是在影响区内几乎所有的斜坡上, 特别是沟谷内堆满了松散固体物质. 以下以泥石流和滑坡为重点评价灾害的潜在危险性.

3.2.1 泥石流. 形成泥石流的基本环境条件是①陡峭的沟谷地形, ②丰富的松散固体物质, ③丰富的水源和强大的水动力. 5.12 地震在四川省内的 12 个主要灾区造成了约 200 km 的坡面泥石流, 只有约 20 条沟谷泥石流发生, 这是由于 5.12 地震发生在雨季之前, 除少量沟谷有水的作用加入形成沟谷泥石流外, 大部分松散碎屑物质都堆积有斜坡或沟谷, 并未大规模运动.

目前四川影响区具备了①, ②两项条件, 一旦遭

受强降雨(一定的降雨强度及降雨量)或高山上积雪大量融化, 沟谷两岸及沟谷中的坡面泥石流物质将在陡峭的主沟道比降及强大水动力作用下形成沟谷泥石流, 所以四川都江堰到青川近万平方公里的条带上, 汛期存在着极大的暴发以大型为主的泥石流活动的危险性. 斜坡或沟谷内的松散固体物质在强降雨作用下必将发生新的更大规模的崩滑及沟谷泥石流. 它们的活动强度都将超过地震时的.

3.2.2 滑坡. 形成滑坡的基本环境条件是, ①有形成滑动面和滑体的物质, ②有使部分斜坡与原斜坡脱离的构造条件, ③存在能使滑体向前剪出运动的有效临空面.

5.12 地震影响区是存在这些基本地质环境条件的, 但从 5.12 震后的次生灾害特征看, 除了部分浅层的滑塌和崩滑外, 只在影响区解译了破坏面积为  $5 \times 10^4 \sim 767 \times 10^4 \text{ m}^2$  的 35 处滑坡, 它们大部分为首次滑动的新滑坡, 少量为老滑坡的局部复活. 原有的古滑坡及老滑坡大部未动. 究其原因, 可能是因为强烈震动, 无论是纵波还是横波虽可能使斜坡表面变形、破碎, 但都不利于在斜坡内立即形成一个或数个统一的滑动面, 或使古老滑坡的滑动面复活, 贯通. 震后情况会如何呢? 特别是面临的雨季汛期, 大量降水渗入坡体内部, 易使粘粒富集, 形成滑动面. 对于古滑坡, 由于遭受过强烈震动, 再加上渗入坡体内部水体的作用, 也易使古老滑面复活, 所以 5.12 地震以

后在今年的汛期和未来几年内都会有大量大规模滑坡发生. 其数量会远远超过地震后调查的滑坡, 即未来发生滑坡的危险性是很大的. 发生大滑坡的部位将在离震中较远的易滑地层分布部位.

## 4 结语

1) 5.12 汶川地震后, 航空遥感高速度、高精度获取了灾区现场信息, 在抗震救灾中发挥了无可替代的作用.

2) 通过 5.14~5.30 不同时段总计约  $43000 \text{ km}^2$  航摄图像解译, 发现汶川强烈地震的大型次生地质灾害主要发生在四川境内都江堰市、汶川县、理县、彭州市、江油市、什邡市、绵竹市、北川县、茂县、安县、平武县和青川县 12 个县市约  $10000 \text{ km}^2$  范围.

3) 约  $10000 \text{ km}^2$  范围的 178 个大型次生地质灾害遥感解译表明这些灾害主要分布在震中北东  $45^\circ \sim 50^\circ$  方向约  $300 \text{ km}$  范围.

4) 5.12 地震引发了数以万计的以崩滑、碎屑流及坡面泥石流为主的次生地质灾害. 这些灾害活动的结果是在影响区内几乎所有的斜坡上, 特别是沟谷内堆满了松散固体物质. 一旦遭受强降雨, 必将发生新的更大规模的崩滑及沟谷泥石流. 它们的活动强度及规模都将超过地震时的. 由于降雨可能通过松散固体物质进入坡体内, 在今年的汛期和未来几年内都会有大量大规模滑坡发生, 重建规划应充分考虑这些潜在灾害.

致谢 衷心感谢航遥中心参加航摄及资料处理的同事, 本文的第一节是在他们工作的基础上总结的.

## 参考文献

- 1 王治华. 滑坡遥感调查、监测与评估. 国土资源遥感, 2007, 71(1): 10—15
- 2 王治华. 中国滑坡遥感及新进展. 国土资源遥感, 2007, 74(4): 7—12
- 3 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991