

文章编号: 1008-2786-(2008)6-748-07

# 利用 CBERS进行汶川地震区森林资源损失快速评估

张 文, 周立江, 潘发明, 刘 波, 骆建国, 王 峰

(四川省林业调查规划院, 四川 成都 610081)

**摘 要:** 地震灾害的特殊性使得地震灾害评估短时间内难深入灾区现场, 全面开展森林资源破坏的快速调查与评估。采用遥感方法, 利用中巴资源卫星 (CBERS) 遥感数据, 结合区域灾前调查资料, 进行了汶川地震重灾区域森林资源快速评估。在遥感解译的基础上, 详细分析了汶川地震对区域森林资源、水源涵养等方面的影响, 这些分析结果不仅为抗震救灾提供了及时的决策依据, 也给灾后重建提供了大量、翔实的科学数据。通过实践应用充分证明, 综合运用遥感和地理信息系统技术, CBERS遥感数据能够满足森林资源快速评估的需要。

**关键词:** 中巴资源卫星; 遥感; 森林资源; 损失; 快速评估

**中图分类号:** S761.9

**文献标识码:** A

汶川特大地震震区主要位于四川盆周西缘龙门山区域, 是青藏高原东缘山地生态脆弱区域, 是我国大熊猫等珍稀野生动物的主要栖息地和自然保护区集中分布的区域<sup>[1]</sup>, 是长江上游极为重要的水源地。为了比较全面、科学、客观的评价地震及次生山地灾害给林业与生态建设所造成的损失, 为灾后重建制定规划提供本底背景、基础数据与相关依据, 我们利用中巴资源卫星 (CEBRS) 数据, 结合区域过往相关的一些专题信息, 借助遥感 (RS) 和地理信息系统 (GIS) 技术, 对地震灾害的主要区域进行了森林资源损失快速评估。

## 1 评估范围及其基本情况

### 1.1 评估区域

由于“5·12”汶川地震主灾区位于四川西部山区, 山高谷深, 地质构造复杂, 断裂发育, 属于滑坡和泥石流等山地灾害多发区, 地震除直接造成大量人员伤亡及财产损失外, 同时还诱发了大量的次生山地灾害, 主要包括崩塌 (滚石)、滑坡、堰塞湖和泥石

流等<sup>[2]</sup>, 通过掩埋、滚石、淹没等方式对森林资源造成严重毁坏。

根据地震发生位置, 结合区域地质地貌和森林资源分布情况, 本研究 and 评估区域选择成都市、德阳市等 5 个市 (州) 的 12 个县 (市) 作遥感数据处理与解译的范围 (图 1), 它们分别是成都市所辖都江堰市和彭州市, 德阳市的什邡市和绵竹市, 绵阳市的平武县、北川县、安县和江油市, 阿坝藏族羌族自治州汶川县、理县和茂县, 广元市青川县。评估区域总面积 33 448 km<sup>2</sup>。

### 1.2 评估区域灾前基本情况

评估区是岷江、涪江、嘉陵江流域的上游流域及众多支流的发源地, 是四川省长江上游生态屏障建设的重要组成部分, 按照生态区位重要性划分标准, 生态区位重要性等级为“重要”。由于特殊的地貌和地质条件, 该区域是四川省各种山地灾害的频发区, 水土流失严重, 按照生态敏感性划分标准, 生态敏感性等级为“脆弱”<sup>[3]</sup>。鉴于特殊的生态区位和独特的地质、地貌条件, 一直是四川省生态屏障建设的重点地区。

收稿日期 (Received date): 2008-08-25。

基金项目 (Foundation item): 国家“十一五”科技支撑计划项目课题 (编号: 2006BAC01A11; 2006BA B04A08) [Supported by the National Science and Technology Supporting Program in the Eleventh Five-Year Plan of China (2006BAC01A11; 2006BA B04A08)]

作者简介 (Biography): 张文 (1969-), 男, 高级工程师, 主要从事森林资源监测、林业 3S 应用及生物多样性保护等工作。 [Zhang Wen (1969-): senior engineer specialized in forest monitoring application of Remote Sensing and GIS and biodiversity protection.] Email: zwjcz@126.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

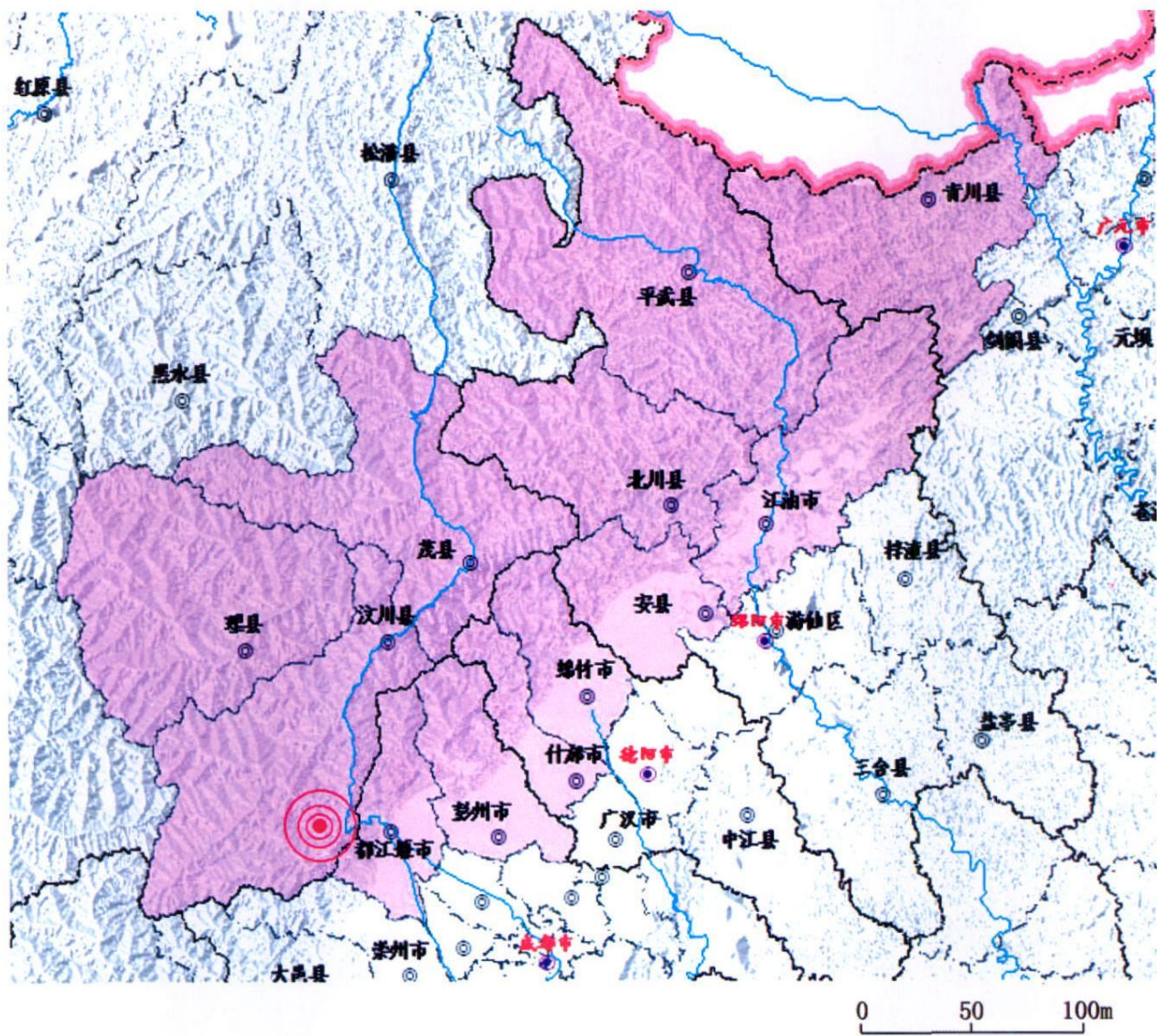


图 1 评估区域图  
Fig 1 Location of the study area

1. 2. 1 林地资源

评估区 12 县(市)林地面积 2 188 441.7 hm<sup>2</sup>, 有林地森林覆盖率 44.3%。林地面积按权属分别分别为国有 950 472.3 hm<sup>2</sup>, 集体 761 504.9 hm<sup>2</sup>, 其他(包括个人)476 464.5 hm<sup>2</sup>, 各占评估区域林地面积的 43.4%、34.8%和 21.8%。林地面积地类构成为: 有林地 1 419 940.4 hm<sup>2</sup>, 疏林地 48 666.8 hm<sup>2</sup>, 灌木林地 573 066.5 hm<sup>2</sup>, 未成林地 56 852.0 hm<sup>2</sup>, 其他林地 89 916.0 hm<sup>2</sup>, 地类结构依次百分比为: 64.9 2.2 26.2 2.6和 4.1(表 1)。

1. 2. 2 蓄积资源

评估区 12 县(市)活立木总蓄积量 16 852 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 其中国有 11 322 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 集体 3 530 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 其他权属 2 000 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 各占总蓄积的 67.2%、20.9%和 11.9%。活立木蓄积结构为: 有林地蓄积 15 85 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 疏林地蓄积 148 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 散生木蓄积 439 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 四旁树蓄积 280 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 蓄积各类别占总量的百分比依次为 94.8 0.9 2.6和 1.7(表 2)。

表 1 林地面积统计表

Table 1 Statistics of forests area

(单位: hm<sup>2</sup>)

林地权属	林地	有林地	疏林地	灌木林地	未成林地	其他林地	森林覆盖率 (%)
总计	2 188 441. 7	1 419 940. 4	48 666. 8	573 066. 5	56 852. 0	89 916. 0	44. 3
国有	950 472. 3	679 519. 5	15 757. 3	235 218. 9	3 314. 9	16 661. 7	
集体	761 504. 9	406 758. 6	22 574. 6	264 203. 5	14 870. 3	53 097. 9	
其他	476 464. 5	333 662. 3	10 334. 9	73 644. 1	38 666. 8	20 156. 4	

表 2 各类蓄积统计表

Table 2 Statistics of forest stock volume

(单位: m<sup>3</sup>)

林木权属	活立木总蓄积	有林地蓄积	疏林地蓄积	散生木蓄积	四旁树	
					株数(株)	蓄积
国有	113 215 390	108 879 892	516 536	3 770 361	445 715	48 601
集体	35 303 718	31 714 153	670 873	404 464	94 918 421	2 514 228
个人	19 996 117	19 258 255	289 426	211 557	381 858	236 879
合计	168 515 225	159 852 300	1 476 835	4 386 382	95 745 994	2 799 708

2 评估方法

2.1 遥感方法

利用灾后备卫星影像资料,判释灾区地震及次生山地灾害产生的崩塌、滑坡、泥石流及堰塞湖淹没与泄洪冲毁等灾害迹地,并通过实地典型调查和调绘,对坠石造成的林地灾害迹地进行分析估算。

2.1.1 CEBS数据

汶川地震灾害四川林业专项评估所使用遥感数据全部为中巴资源卫星遥感数据 (CEBS-02B)。数据时相自 2008-05-14至 06-04 参考数据多达 122 景,其中 CCD64景,HR58景(表 3)。

2.1.2 CEBS数据处理

考虑评估的快速性要求,CEBS数据校正仅做粗校正。利用国家基本比例尺地形图做参考,一是利用 Erdas9.0 Image Geometric Correction进行影像校正,使用 2或 3次多项式变换,将遥感影像校正到地形图投影;二是首先利用 Erdas Reproject将遥感影像投影变换到地形图使用的投影,再利用 ArcMap9.0中空间参考 (GeoReferencing)工具,选择明显地点(一般 8个左右)做空间配准,再利用 1次多项式 (1st order polynomial affine 仿射变换),将遥感影像粗略地纠正到工作区定制的空间参考体系<sup>[4]</sup>。

采取直方图拉伸、灰度变换、方差调整等方法

增加遥感影像目视解译的可读性与可判性。利用多时相同传感器遥感数据进行同区域的反复解译和对比分析,克服解译误判和云层覆盖问题。

2.2 其他方法

2.2.1 专题叠加分析

在完成崩塌地判释获取灾害迹地的基础上,采用近年完成的森林资源分布图、自然保护区布局图、植被类型分布图等专题资料,与崩塌等灾害迹地图形叠加分析,获取相关专业范畴灾害损失信息,并与图形数据库资料结合,进行灾害损失评估和影响分析(图 2)。

2.2.2 统计分析

根据解译结果,利用森林资源数据库进行森林资源实物量统计与分析,进一步评价灾害对森林资源的影响。

3 评估结果

3.1 损失森林资源数量大

区域森林资源面积减少  $17.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、蓄积受损  $1\,030.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,损毁林地分布见图 2。区域森林覆盖率降低 3个百分点,导致全省森林覆盖率下降 0.2%,为全省年初制定的森林覆盖率增长 0.5个百分点的一半。

表 3 CEBRS遥感数据一览表  
Table 3 CEBERS image data

日期	CCD		HR	
	景幅	数量	景幅	数量
2008. 05. 14	12 /63, 12/64 12 /65	3		
2008. 05. 15	11 /62	1		
2008. 05. 16	11 /63 11 /64, 11 /65 11 /66, 11 /67	5		
2008. 05. 17	12 /63 12 /64, 12 /65 12 /66, 12 /67	5		
2008. 05. 18	11 /63 11 /64, 11 /65 11 /66, 11 /67	5		
2008. 05. 19	11 /64 11 /65, 12 /63 12 /66, 12 /67	5		
2008. 05. 20	12 /63, 12 /64 12 /65, 12 /66	4		
2008. 05. 22	11 /63 11 /64, 11 /65 11 /66, 11 /67	5		
2008. 05. 23	12 /63, 12 /64 12 /65, 12 /66	4		
2008. 05. 24	10 /63, 10 /64 10 /65	3		
2008. 05. 25	11 /64	1		
2008. 05. 26	11 /63, 11 /66 11 /67	3	13 /63 /C ( 1), 13 /65 /C ( 1, 2, 3, 4, 5)	6
2008. 05. 28	11 /63 11 /64, 11 /65 11 /66, 11 /67	5		
2008. 05. 29	12 /63 12 /64, 12 /65 12 /66, 12 /67	5	12 /63 /A—12 /67 /A 各 5 景	25
2008. 06. 01	11 /63 11 /64, 11 /65 11 /66, 11 /67	5	11 /63 /B ( 3, 4)	2
2008. 06. 04	10 /61, 10 /62, 10 /63 10 /64, 10 /65	5	10 /61 /C—10 /65 /C 各 5 景	25
合 计		64		58

受灾区域森林资源受损最严重的林地类型是其他林地, 受损面积  $1.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占区域受灾前同类面积的 17.7%, 其次是未成林地, 受损比例达 10.5%。

最突出的致损类型是崩塌, 面积达  $11.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占受损森林资源面积总量的 66.2%, 其次是滑坡, 比例达 33.2% (表 4)。

表 4 评估区域森林资源受损统计表  
Table 4 Statistics of destroyed forest in the research area

灾害类型	(单位: $\text{hm}^2$ )					
	林地	有林地	疏林地	灌木林地	未成林地	其他林地
滑坡	57 492. 4	34 995. 7	162. 8	16 366. 4	1 507. 6	4 459. 9
崩塌	114 569. 0	63 551. 2	469. 1	35 294. 8	4 441. 8	10 812. 1
泥石流	280. 1	179. 1	0. 0	100. 2	0. 0	0. 8
堰塞湖	618. 4	301. 3	5. 2	230. 6	3. 8	77. 5
合计	172 959. 9	99 027. 3	637. 1	51 992. 0	5 953. 2	15 350. 3

3.2 区域森林质量总体下降

评估范围损失森林蓄积量  $1\,030.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 受损有林地面积  $9.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 平均每公顷蓄积为  $104.1 \text{ m}^3$ , 据此估算, 受灾范围内所有森林平均单位蓄积量下降  $7.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 按全省综合生长率计算, 相当于每公顷 2 a 的生长量。

森林资源质量下降还体现在森林郁闭度明显下降。坠石是导致森林资源郁闭度下降的主要原因。

评估区域所处环境为四川盆地边缘, 山高坡陡, 为典型的峡谷区域, 森林立地极其脆弱。山体上部虽然没有形成崩塌面, 但巨石坠落, 造成林木受损, 其影响范围更大。据江油市、什邡市等线路调查结果显示, 坠石造成的森林资源受损面积是同区域崩塌面积的 1.5~2.5 倍。

评估区域森林资源多分布于山体中、上部, 也就是当地一直称作为“后山”的区域, 受地形地势限制,



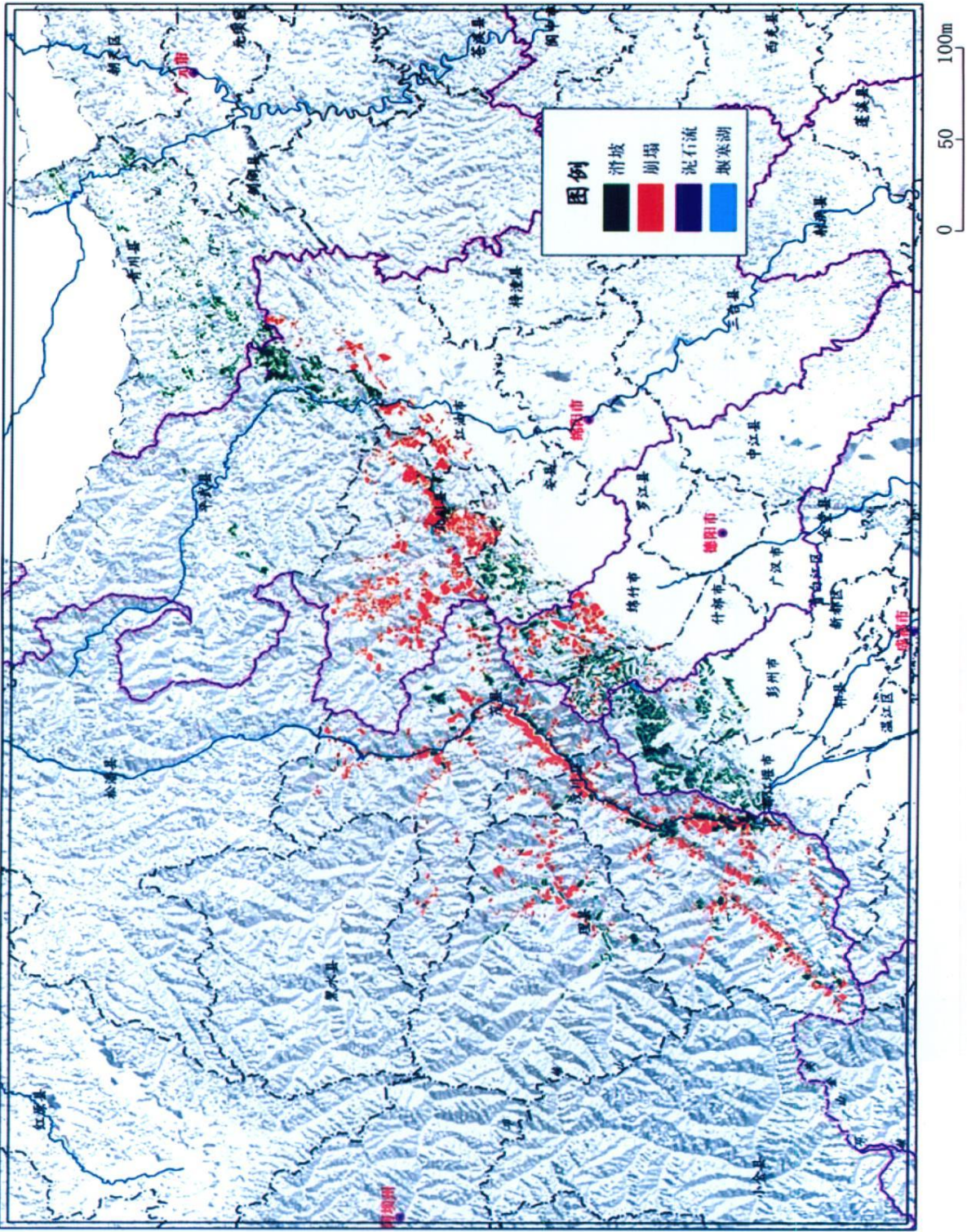


图2 被地震震次生灾害破坏的林地分布图

Fig 2 The distribution of forest damaged by disasters induced by Wenchuan earthquake in Sichuan

这些区域长期以来都一直处于相对原始的状态。这次地震灾害导致的山地次生灾害也主要发生在这些区域, 因此, 在受损森林资源中, 天然、原始林损失所占比重大 (近 70 % ), 这也是森林资源质量下降的主要原因之一。

3.3 森林分布更加破碎

通过 12 个县 (市) 解译与森林植被叠加对比分

析, 森林系统斑块数量增加 57 946 个, 为地震前的 1.7 倍。从地震前后的变化来看, 该区域以常绿阔叶林、常绿阔叶落叶混交林、山地灌丛、竹林生态系统破坏尤为突出, 其次为低中山落叶阔叶林、亚高山落叶阔叶林、低山、中山常绿针叶林、低山针阔混交林、山地硬叶常绿阔叶林影响也较明显。亚高山灌丛、亚高山草甸、高山流石滩植被等影响最小 (表 5)。

表 5 各植被类型生境指标变化情况  
Table 5 The change of habitat indices of different vegetation

植被类型	边缘指数 (m /km <sup>2</sup> )			破碎度指数 (个 /km <sup>2</sup> )		
	震后	震前	差值	震后	震前	差值
常绿阔叶林	603. 02	389. 4	213. 62	5. 98	3. 60	2. 38
常绿、落叶阔叶混交林	456. 49	259. 96	196. 53	4. 33	2. 30	2. 03
低中山落叶阔叶林	433. 22	337. 83	95. 39	3. 72	2. 68	1. 04
亚高山落叶阔叶林	516. 66	337. 83	178. 83	4. 28	2. 68	1. 60
山地硬叶常绿阔叶林	310. 23	169. 6	140. 63	1. 74	0. 88	0. 86
低山常绿针叶林	531. 83	366. 49	165. 34	3. 43	2. 26	1. 17
中山常绿针叶林	459. 51	366. 49	93. 02	3. 11	2. 26	0. 85
低山针阔混交林	423. 18	22. 32	400. 86	3. 28	2. 17	1. 11
亚高山常绿针叶林	443. 65	396. 34	47. 31	3. 41	2. 85	0. 56
竹林	1546. 13	1132. 89	413. 24	21. 70	15. 09	6. 61
山地灌丛	460. 54	207. 44	253. 10	3. 52	1. 35	2. 17
亚高山灌丛	302. 39	176. 49	125. 90	1. 93	1. 69	0. 24
亚高山草甸	327. 08	143. 89	183. 19	0. 85	0. 49	0. 36
高山草甸	678. 73	489. 46	189. 27	1. 94	1. 28	0. 66
高山流石滩植被	680. 32	588. 97	91. 35	1. 97	1. 77	0. 20

3.4 水源地涵养水源能力显著降低

龙门山地区丰富的森林植被类型和良好的森林覆盖, 是岷江、涪江、沱江、嘉陵江等长江上游水系重要的水源涵养区, 也是成都平原重要的生态屏障<sup>[5]</sup>。整个龙门山脉以前从南到北终年都有茂密的森林覆盖, 形成纵贯全川的绿色巨龙和川西天然屏障。根据损失的森林植被面积并结合已有研究资料估算, 灾区受损森林系统共损失蓄水能力约 219 731. 7 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 其中森林植被截流蓄水能力损失 94 626. 2 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 林地土壤层蓄水能力损失 125 105. 7 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。森林系统损失的蓄水能力已相当于 2 座库容大于 10 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> 的大型水库。

4 结语

中巴资源卫星遥感数据在四川汶川地震灾害林

业专项损失及影响评估中发挥了至关重要的作用。地震灾害发生突然, 灾害影响评估工作受到很多现场条件的制约, 通过遥感解译, 能够及时获取大量受灾区域的相关信息, 有效解决了评估工作信息缺乏的技术难题。中巴资源卫星具有数据获取快捷、获取手续简便、同区域数据时相多、存档数据丰富等优势, 更加广泛开辟了我国资源遥感的应用领域, 快速地推广和普及了我国资源遥感专业应用层次。通过 CEBRS- 02B 星 HR 数据, 不仅可以快速验证多光谱影像解译精度, 而且可以融合 CCD 数据, 极大地提高了遥感数据质量, 满足资源遥感应用不同层次不同分辨率的要求。通过汶川地震灾害林业专项影响快速评估充分证明, CEBRS- 02B 星遥感数据完全能够满足森林资源调查不同层次的具体要求。

同时, 通过个案应用也说明, CEBRS- 02B 星遥感数据还存在波段亮度偏低、条带与噪声明显、5 波

段与其他多光谱波段位移、HR 与 CCD 多光谱位移, 需要借助遥感处理软件或地理信息系统软件进行再次处理等缺陷。但通过本研究近 100 景数据应用来看, 这些应用中的技术问题不仅可在 Erdas 中实现, 也可在 ArcMap 中实现。

**致谢:** 感谢“四川省林业损失评估”项目组的支持。参加项目工作的同志还有: 马茂江、曹昌楷、蔡凡隆、杨洪国等。

## 参考文献 (References)

- [1] Fan JY, He ZW, Zhao Y B, *et al*. Remote sensing investigation and assessment of tourism resources in the south of Longmen mountain (Lushan Area) [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2007, 32 (3): 96~99 [范继跃, 何政伟, 赵银兵, 等. 龙门山南段 (芦山段) 旅游资源遥感调查与评价 [J]. 测绘科学, 2007, 32 (3): 96~99]
- [2] Cui P, Wei F Q, He S M, *et al*. Mountain disaster induced by the

earthquake of May 12 in Wenchuan and the disasters mitigation [J]. *Journal of Mountain Science*, 2008, 26 (3): 280~283 [崔鹏, 韦方强, 何思明, 等. 5·12 汶川地震诱发的山地灾害及减灾措施 [J]. 山地学报, 2008, 26 (3): 280~283]

- [3] Wang Y K, Deng Y L, Peng P H, *et al*. Study on the Theories and Techniques of Ecological Foundation Construction in the Upper Reaches of the Yangtze River [M]. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science & Technology, 2005, 28~42 [王玉宽, 邓玉林, 彭培好, 等. 长江上游生态屏障建设的理论与技术研究 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2005, 28~42]
- [4] Han Y J, Li J P, Zhang X Y, *et al*. Application of CEBRS in the investigation of paddy rice area in Ningxia [J]. *Agriculture Network Information*, 2006, 11: 13~17 [韩颖娟, 李剑萍, 张学艺, 等. 中巴资源卫星在宁夏水稻种植面积调查中的应用 [J]. 农业网络信息, 2006, 11: 13~17]
- [5] Li C B. Sichuan Academy of Forest [M]. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science & Technology, 1990. [李成彪. 四川森林生态研究 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1990.]

# The Application of CBERS Data to Rapid Assessment of Forest Resources Loss in Wenchuan Earthquake Region

ZHANG Wen, ZHOU Lijiang, PAN Fanning, LIU Bo, LUO Jianguo, WANG Feng

(Sichuan Forest Inventory and Planning Institution, Chengdu 610041, China)

**Abstract** The rapid assessment of forest resources in the main shock area of Wenchuan earthquake was carried out based on the CBERS data as well as the information acquired by the investigation before the earthquake. By the interpretation of remote sensing images, the impacts on the regional forest resources and water conservation caused by the earthquake were analyzed. The results are not only useful in providing timely basis for decision making, but also provide large quantities of detailed and accurate scientific data for the post-disaster reconstruction. The practice has fully proved that the CBERS data completely meets the needs of rapid assessment for forest resources based on the integrated use of remote sensing and geographic information system technology.

**Key words** CBERS; remote sensing; forest resources loss; rapid assessment