

文章编号: 1008 - 2786 - (2014) 3 - 284 - 09

四川宝兴森林分布及受损特征

曾 珍^{1,2}, 罗怀斌³, 范建容^{1*}, 刘 飞⁴

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 国家林业局中南林业调查规划设计院, 湖南 长沙 410014; 4. 四川省遥感信息测绘院, 四川 成都 610100)

摘 要: 为计算四川省宝兴县森林植被覆盖地表面积, 分析芦山“4·20”地震后植被受损情况, 利用 SPOT 遥感影像解译获取灾前宝兴县森林植被类型信息, 基于地表粗糙度地学意义计算宝兴县不同森林植被类型的地表面积, 比较不同森林植被类型地表面积与投影面积之间的差异。同时, 利用灾后航飞影像解译获取森林植被破坏信息, 分析受损森林植被分布特征。结果表明: 宝兴县森林植被覆盖地表面积 3 019.48 km², 其中针叶林面积最大, 占总面积 40.54%, 其次是灌丛和阔叶林, 其地表面积均比投影面积高出 19% 以上。境内森林植被垂直分异明显, 海拔从低到高大致分布着经济林、竹林、阔叶林、针叶林和灌丛。有大量针叶林和灌丛分布的海拔区间内地表面积与投影面积差异较大。芦山地震引发的崩塌、滑坡使得分布在海拔 1 000 ~ 2 000 m、坡度 35° ~ 45° 之间的针叶林、阔叶林和灌丛受到损毁, 其中灌丛损毁面积最大, 针叶林损毁面积最小, 当坡度达到 35° 以上时, 受损灌丛和阔叶林面积差异迅速增大。通过森林植被类型地表面积与投影面积差异分析及森林植被受损情况分析, 可为宝兴县灾后生态修复提供参考依据。

关键词: DEM; 地表粗糙度; 宝兴县; 植被类型; 地表面积
中图分类号: S717 **文献标志码:** A

四川省宝兴县地处四川盆地西缘, 位于横断山区, 是“大熊猫故乡”、“活化石”珙桐和大卫两栖甲的发现地, 是我国陆地生物多样性保护的关键区之一。宝兴县自然资源丰富, 森林覆盖率达 54.9%, 它是青衣江上游绿色生态屏障的重要组成部分, 其生态系统的稳定性对青衣江流域乃至长江中下游地区的生态安全作用显著。新中国成立后, 林业曾长期是宝兴的支柱产业。大量采伐原始森林和毁林开垦, 使部分原始森林被残次杂灌林代替, 林分质量低下, 保持水土能力减弱, 时常发生山洪等灾害。特别是 2013 年芦山“4·20”地震以后, 引发了崩塌、滑坡等次生山地灾害, 使宝兴县森林植被遭到了一定

程度的破坏。森林植被在生态系统中扮演着极其重要的角色, 因此境内森林植被的分布状况和灾后受损情况引起了政府和群众的高度重视, 开展宝兴县不同森林植被类型面积的计算和统计, 对了解灾后森林植被损毁情况, 恢复和维护其生态系统的稳定性有着重要的意义。

遥感信息具有宏观、动态、快速、多源等特点, 在我国林业中, 特别是森林资源监测与管理中起到了重要作用^[1-3]。卫星遥感技术在林业上的应用, 具有优越性, 不仅可以减少调查人员的数量、降低劳动强度和调查成本, 还提高了经济效益^[4-7]。经过几何校正和正射校正的遥感影像, 可以看作是地表覆

收稿日期(Received date): 2013 - 08 - 08; 改回日期(Accepted): 2013 - 11 - 13。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(41340001) “4·20 芦山地震次生山地灾害应急考察和减灾对策”。[Supported by National Natural Science Foundation (41340001) .]

作者简介(Biography): 曾珍(1988 -) 女, 四川成都人, 硕士研究生, 研究方向为遥感应用和水土保持。[Zeng Zhen(1988 -), female, born in Chengdu, Sichuan Province, postgraduate student, research direction is RS application and water and soil conservation.] E-mail: 826834458@qq.com

* 通信作者(Corresponding author): 范建容(1969 -) 女, 四川井研人, 研究员, 博士生导师, 主要从事山地环境遥感研究。[Fan Jianrong(1969 -), female, born in Jingyan, Sichuan Province, professor, doctor supervisor, mainly engaged in the study of mountain environment remote sensing.] E-mail: fjrong@imde.ac.cn

盖在水平面上的垂直投影,但实际上地表是非绝对平坦的,并且具有各种起伏,特别是在地形起伏剧烈的地区,地表真实面积与垂直投影面积的差异尤为明显^[8]。地表真实面积很难实际精确的测量出,直接计算地表面积也具有一定的难度^[9-10],这也是垂直投影面积经常代替地表真实面积参与计算的原因。

宝兴县处于地形起伏复杂的横断山区,分布在不同海拔和坡度级上的森林植被类型,其表面积与投影面积之间存在不同的差异,要利用遥感数据计算不同植被类型面积必须考虑到坡面林地面积的计算。本文利用 SPOT 遥感影像解译获取灾前宝兴县森林植被类型信息,基于地表粗糙度地学意义计算不同森林植被类型的地表面积,比较不同森林植被类型地表面积与投影面积之间的差异,分析宝兴县森林分布特征。同时,利用灾后航飞影像解译获取森林植被破坏信息,计算受损森林植被地表面积,分析受损森林植被分布特征,为灾后生态修复、提供参考依据。

1 研究区概况

宝兴县位于雅安市最北部、夹金山南麓,处于四川盆地西缘向青藏高原过渡的地带,地理坐标介于

102°25′~103°02′E、30°09′~30°56′N(图 1),东临芦山,南毗天全,西接康定,北与小金、汶川交界。宝兴河为岷江支流青衣江的上游,宝兴县域基本即是宝兴河的流域范围。宝兴县山地面积占幅员的 99.7%,境内多高山峡谷,地势西北高、东南低,西缘最高山峰海拔 5 328 m,东南峡口最低海拔 750 m,相对高度 4 578 m。

宝兴县的自然生态现状良好,植被覆盖率达 72%,森林覆盖率 54.9%。植被类型丰富,垂直带分布明显。海拔 1 800 m 以下为偏湿性亚热带常绿阔叶林;海拔 2 300~2 700 m 为针阔混交林;海拔 1 800~2 200 m 为常绿阔叶、落叶阔叶混交林;海拔 4 500 m 以上为流石滩植被;海拔 5 000 m 以上为永冻带。宝兴县位于横断山地区,生物物种多样性丰富,是我国陆地生物多样性保护的关键区之一。

2 数据与方法

2.1 数据选择

本文选取空间分辨率为 25 m DEM 数据,为减小提取坡度的边缘效应^[13],DEM 数据覆盖范围大于研究区。宝兴县灾前森林植被类型图来源于 SPOT 遥感影像解译,灾后森林植被受损信息由航飞影像解译获取(图 2)。

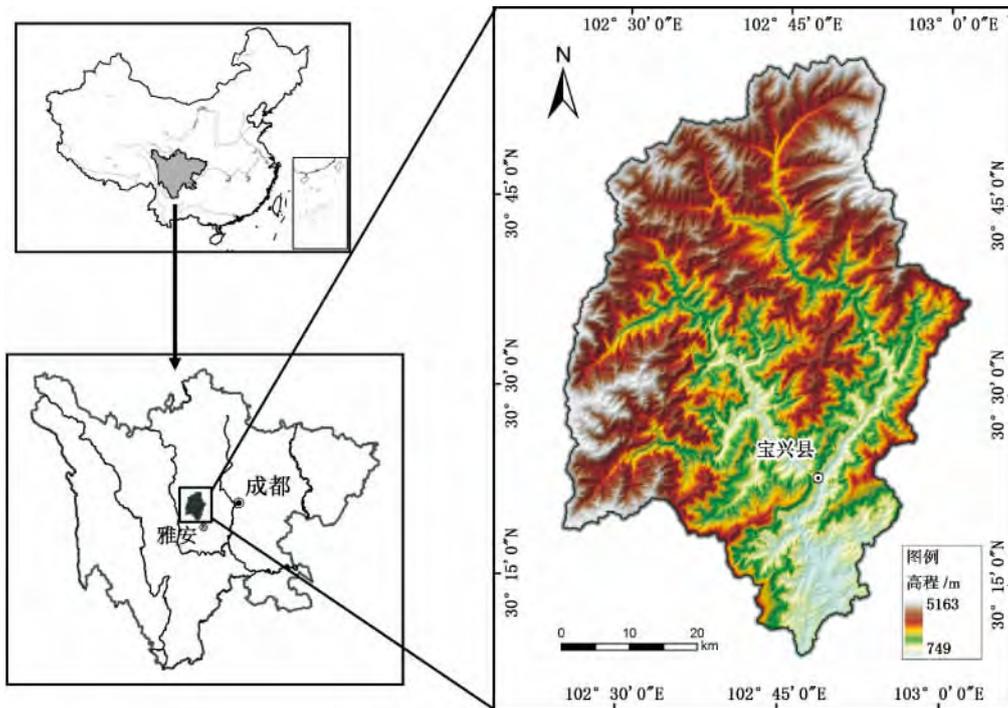


图 1 研究区位置示意图

Fig. 1 Location of study area

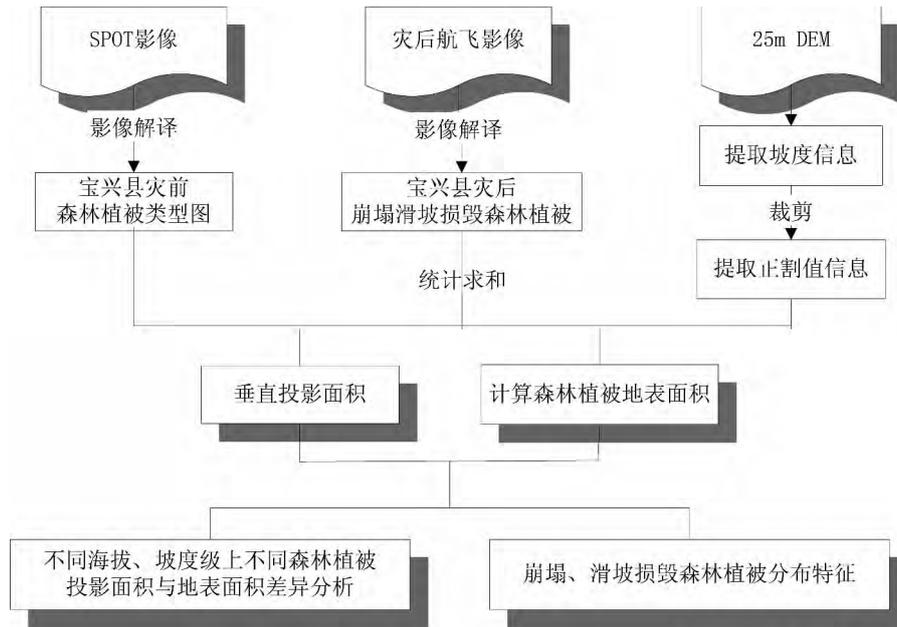


图2 技术路线图

Fig. 2 Technology scheme

地表粗糙度一般定义为地表单元的曲面面积与其在水平面上的投影面积之比^[11]。利用 grid DEM 数据, 推导地表粗糙度的地学公式, 并应用其地学意义计算地表面积。

2.2 地表粗糙度地学意义推导

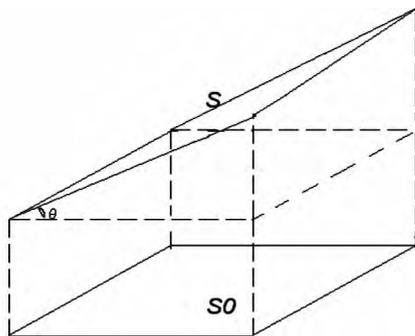


图3 投影面积与平面面积的关系

Fig. 3 The relationship between projected area and planimetric area

图3 所示的投影面积与平面面积满足公式(1), 即平面的面积 S 是水平投影面积 S_0 与其两平面夹角的余弦 $\cos\theta$ 之商

$$S = S_0 \frac{1}{\cos\theta} \quad (1)$$

对于每个栅格像元, 其投影面积与真实面积之间也满足公式(1)。如此, 对于整幅 DEM 来讲, 地表面积 S_{DEM} 将满足公式(2)

$$S_{DEM} = \sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n S_0 \times \frac{1}{\cos\theta_i} \quad (2)$$

式中 S_i 代表第 i 个栅格的地表面积; θ_i 代表第 i 个栅格的坡度值; S_0 为每个栅格的面积值 ($d \times d$)。顾及到 S_0 值恒定, 公式(2) 可变换为

$$S_{DEM} = S_0 \times \sum_{i=1}^n \sec\theta_i \quad (3)$$

进一步变换得到公式(4)

$$S_{DEM} = S_0 \times n \times \overline{\sec\theta_i} = S_{level} \times \overline{\sec\theta_i} \quad (4)$$

式中 S_{level} 表示地表水平投影面积。 $\overline{\sec\theta_i}$ 因子是一个 ≥ 1 的数。对公式(4) 两边同除以一个 S_{level} , 得到公式(5)

$$\overline{\sec\theta_i} = \frac{S_{DEM}}{S_{level}} \quad (5)$$

公式(5) 右边所表示的正是地表粗糙度, 即 Hobson、Jeneess 等提出的表征地表粗糙度的地表面积比率 SAR (surface area ratio), 其值等于 $\overline{\sec\theta_i}$ 。地表粗糙度的实质是: 研究区内所有坡度取正割计算后的均值, 是坡度的函数。其地学意义在于它可表达地表真实面积与垂直投影面积的差异, 通过地表粗糙度的计算, 应用其地学意义可快速获取研究区地表真实面积。

2.3 利用 grid DEM 计算坡度

通过前面的推导可知, 地表粗糙度的实质是: 研究区内所有坡度取正割计算后的均值, 是坡度的函数, 因此可利用 DEM 获取研究区坡度值并计算地表

粗糙度。

grid DEM 是由一个个规则栅格构建而成的, 一般使用正方形栅格, 如图 4(a) 所示。每个栅格的边长代表该 DEM 的水平分辨率, 像元值是该栅格内高程的平均值。通过投影逆变换后, grid DEM 栅格可用于表达地形起伏的地表, 如图 4(b) 所示。本研究根据 Borrough P. A. 提出的窗口分析法计算坡度^[12], 采用 ArcGIS 软件集成的三阶反距离平方权重算法可计算每个栅格的坡度值

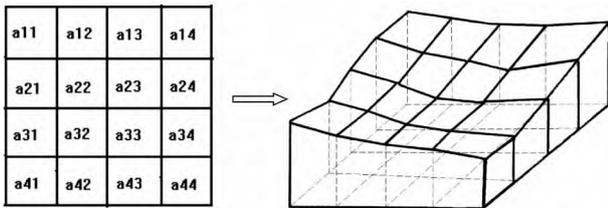
$$\beta = \arctan \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (6)$$

式中 β 代表坡度, f_x 是东西方向高程变化率, f_y 是南北方向高程变化率。以图 4(a) 的 a_{22} 为中心的 3×3 窗口为例, f_x 和 f_y 的计算公式如下

$$f_x = \frac{(a_{31} + 2a_{32} + a_{33} - a_{11} - 2a_{12} - a_{13})}{8d} \quad (7)$$

$$f_y = \frac{(a_{33} + 2a_{23} + a_{13} - a_{31} - 2a_{21} - a_{11})}{8d} \quad (8)$$

式中 d 是 DEM 栅格的边长。如此, 可以计算出栅格 a_{22} 的坡度值, 依此可以计算出整幅 DEM 的坡度值。



a) grid DEM (b) 投影逆变换的地形表面
a) grid DEM (b) Projection inverse transformation of surface terrain

图 4 网格 DEM 量算地表面积模拟

Fig. 4 Calculating the surface area with grid DEM

2. 4 基于地表粗糙度地学意义的不同植被类型面积计算

通过 DEM 计算得到坡度值及地表粗糙度后, 基于其地学意义即可表达地表真实面积与垂直投影面积间的差异, 将地表粗糙度与 DEM 单个栅格面积相乘, 便得到单个栅格范围内地表面积。本文利用 25 m DEM, 为减小提取坡度的边缘效应^[13], DEM 范围大于研究区, 通过 ArcGIS 空间分析功能得到坡度信息后, 裁剪出研究区范围, 计算得到研究区的坡度正割值, 即为研究区的地表粗糙度, 利用公式: 单个象元地表面积 = 单个象元地表粗糙度 \times 单个象元面积, 得到单个象元地表面积(图 5)。

利用 SPOT 影像解译得到灾前宝兴县森林植被类型图, 将森林植被类型分为: 针叶林、针阔混交林、阔叶林、竹林、经济林和灌丛 6 种, 与计算出的象元地表面积结合, 统计求和得到不同森林植被类型的地表面积。根据国家通用标准, 结合研究区森林植被分布现状将海拔分为 1 000 m 以下、1 000 ~ 1 500 m、1 500 ~ 2 000 m、2 000 ~ 2 500 m、2 500 ~ 3 000 m、3 000 ~ 4 000 m 及 4 000 m 以上 7 个等级, 将坡度信息分为 $0^\circ \sim 5^\circ$ 、 $5^\circ \sim 10^\circ$ 、 $10^\circ \sim 15^\circ$ 、 $15^\circ \sim 20^\circ$ 、 $20^\circ \sim 25^\circ$ 、 $25^\circ \sim 35^\circ$ 、 $35^\circ \sim 45^\circ$ 和 45° 以上 8 个等级, 分析森林植被投影面积与地表面积的差异及其海拔与坡度分布特征。最后利用灾后航飞影像解译获取森林植被破坏信息, 计算受损森林植被地表面积, 分析受损森林植被分布特征。

3 结果与分析

3. 1 不同森林植被类型地表面积与投影面积差异

基于地表粗糙度地学意义计算的宝兴县不同森林植被类型地表面积见表 1。宝兴县森林植被覆盖率高, 投影面积 $2\,415.09 \text{ km}^2$, 表面积 $3\,019.48 \text{ km}^2$ 。其中, 针叶林覆盖面积最大, 投影面积 979.49 km^2 , 表面积 $1\,224.20 \text{ km}^2$, 占森林总表面积 40.54%, 其次是灌丛, 投影面积 796.66 km^2 , 表面积 $1\,004.01 \text{ km}^2$, 占森林总表面积 33.25%, 阔叶林面积覆盖也较大, 投影面积 613.71 km^2 , 表面积 760.82 km^2 , 占森林总表面积 25.02%, 针阔混交林、竹林和经济林面积较小, 仅占森林总表面积的 1.01% (图 6)。

宝兴县地形起伏较复杂, 不同森林植被类型地表面积与投影面积之间均存在较大差异, 且占总表面积越大的植被类型, 其地表面积与投影面积之间的差异越大(见表 1)。针叶林地表面积与投影面积差异最大, 达 244.71 km^2 , 占投影面积 19.99%; 其次是灌丛, 差异达 207.35 km^2 , 占投影面积的 20.65%; 阔叶林地表面积与投影面积差异也达到 174.11 km^2 , 占投影面积的 19.34%; 虽然针阔混交林、竹林和经济林面积差异相对较小, 但其占森林覆盖总表面积比例小, 因此, 地表面积与投影面积的差异占各自投影面积的比例均大于 15%。植被是维护生态稳定的重要保障, 计算森林植被面积时, 不同森林植被类型的地表面积与投影面积之间的差异不容忽视。

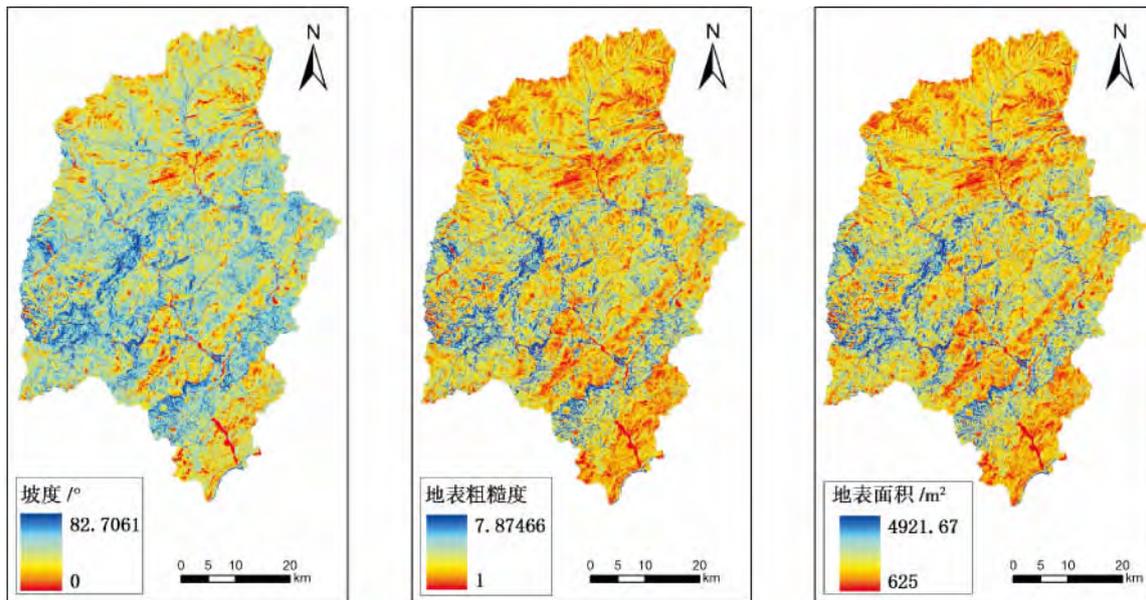


图5 研究区坡度、地表粗糙度及像元地表面积

Fig. 5 The slope gradient, the surface roughness and the surface area of pixels for study area

表1 不同森林植被类型地表面积与投影面积差异

Table 1 The differences between surface area and projected area of different forest vegetation

植被类型	投影面积/km ²	地表面积/km ²	面积差异/km ²	差异占投影面积比例/%	占森林总表面积比例/%
针叶林	979.49	1 224.20	244.71	19.99	40.54
针阔混交林	0.61	0.78	0.17	21.42	0.03
阔叶林	613.71	760.82	147.11	19.34	25.20
竹林	10.36	12.61	2.25	17.85	0.42
经济林	14.25	17.05	2.80	16.42	0.56
灌丛	796.66	1 004.01	207.35	20.65	33.25
森林植被总表面积	2 415.09	3 019.48	604.38		

3.2 森林植被的海拔分布

宝兴县境内森林植被海拔跨度大,垂直分布明显(图7)。海拔从低到高大致分布着经济林、竹林、阔叶林、针叶林和灌丛。54.17%的经济林分布在海拔1 000~1 500 m;竹林主要分布在海拔1 500~2 000 m,占竹林总表面积的66.37%;93.47%的针叶林则集中分布在海拔2 500~3 000 m;阔叶林海拔跨度较大,在海拔1 000~2 500 m均有分布;灌丛则主要在海拔4 000 m以上。在海拔2 500~3 000 m,由于大量针叶林集中分布在这一区域,地表面积与投影面积之间的差异在这一海拔区间最大,达233.98 km²,地表面积比投影面积高出19.04%;其次是海拔4 000 m以上,由于灌丛的集中分布,差异也达到了62.49 km²,地表面积比投影面积高出20.42%。

3.3 森林植被类型的坡度分布

宝兴县森林植被主要分布在坡度较陡的区域(表2),80%以上的森林植被类型分布在坡度25°以上的区域,在坡度为35°~45°之间的陡坡上,除经济林以外,其余的森林植被类型均有30%以上分布在此坡度级之间。在45°以上的陡坡上,集中分布的森林植被类型为灌丛,另外还有部分针叶林和阔叶林分布。

在研究区范围内,随着坡度级的增大,不同森林植被类型的地表面积与投影面积之比增大的趋势均变快,地表面积与投影面积之间的差异越来越明显(图8)。坡度达到35°以上时,灌丛的面积比增大得最快,其次是阔叶林,说明这两种森林植被类型的地表面积与垂直投影面积之间的差异将迅速增大。

对于森林植被集中分布在陡坡区域的宝兴县而

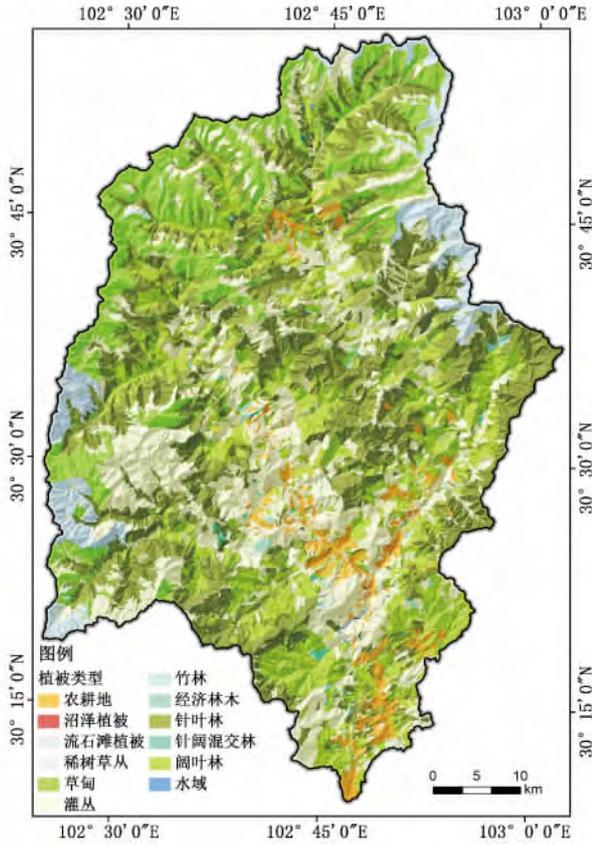


图 6 宝兴县植被分布

Fig. 6 Vegetation distribution in Baoxing county

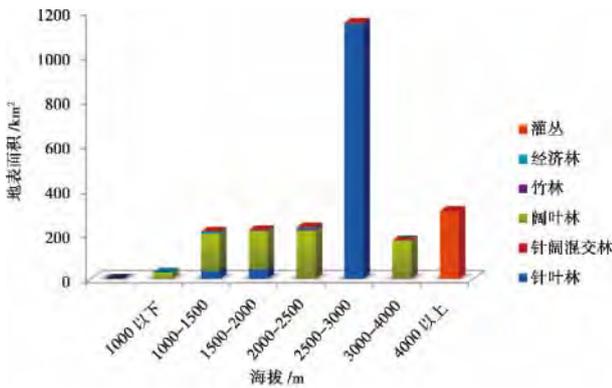


图 7 不同海拔分级上不同森林植被类型地表面积

Fig. 7 Surface area of different forest vegetation in different altitude

言 不同森林植被类型在不同的坡度级上表面积与投影面积存在着不同程度的差异,且差异均较大。灌丛、阔叶林等几种分布在陡坡上的植被,坡度对面积的计算影响较为明显。要得到更加准确的森林植被分布情况,统计更加准确的森林植被面积信息,必须对其地表面积进行计算。

3.4 崩塌滑坡损毁森林植被分布

表 2 不同坡度级上不同森林植被类型投影面积与地表面积

Table 2 The surface area and projected area of different forest

vegetation in different gradients /km²

坡度 /°	投影面积					
	针叶林	针阔混交林	阔叶林	竹林	经济林	灌丛
0~5	6.16	0.00	6.50	0.08	0.12	7.34
5~10	11.50	0.01	8.97	0.16	0.26	11.49
10~15	26.13	0.01	18.82	0.44	0.71	24.17
15~20	49.09	0.03	36.66	0.79	1.65	49.62
20~25	82.30	0.04	61.30	1.22	2.24	79.02
25~35	320.76	0.15	203.90	3.32	4.41	244.75
35~45	348.91	0.27	195.06	3.28	3.40	245.22
> 45°	134.59	0.10	82.48	1.09	1.42	135.14
	地表面积					
0~5	6.17	0.00	6.50	0.08	0.12	7.35
5~10	11.61	0.01	9.06	0.16	0.26	11.60
10~15	26.81	0.01	19.31	0.45	0.73	24.80
15~20	51.56	0.03	38.51	0.83	1.73	52.12
20~25	89.28	0.05	66.49	1.32	2.43	85.70
25~35	373.41	0.17	236.95	3.84	5.10	284.24
35~45	453.96	0.35	253.80	4.27	4.42	319.60
> 45	211.28	0.16	130.20	1.67	2.22	218.66

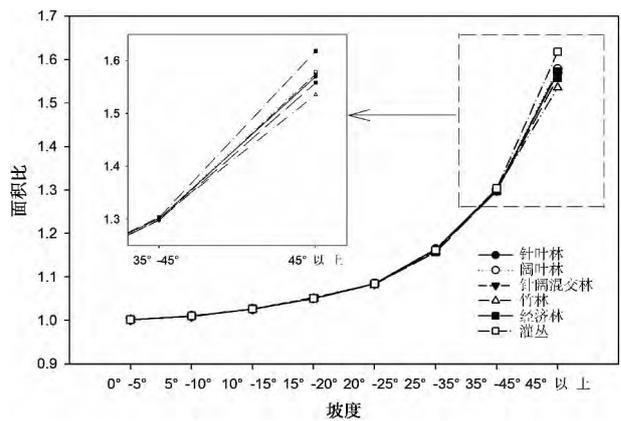


图 8 不同植被类型面积比与坡度的关系

Fig. 8 The relationship between gradient and the ratio of surface area and projected area of typical land use

芦山“4·20”地震引发的崩塌、滑坡使宝兴县森林植被遭到一定程度的损毁。利用灾后航飞影像解译后发现,损毁的森林植被类型为针叶林、阔叶林和灌丛,且主要集中在宝兴县的东南部,沿宝兴河周边崩塌、滑坡比较严重,植被受损情况较为明显(图 9)。其中,针叶林损毁面积较小,为 0.1 km²,损毁

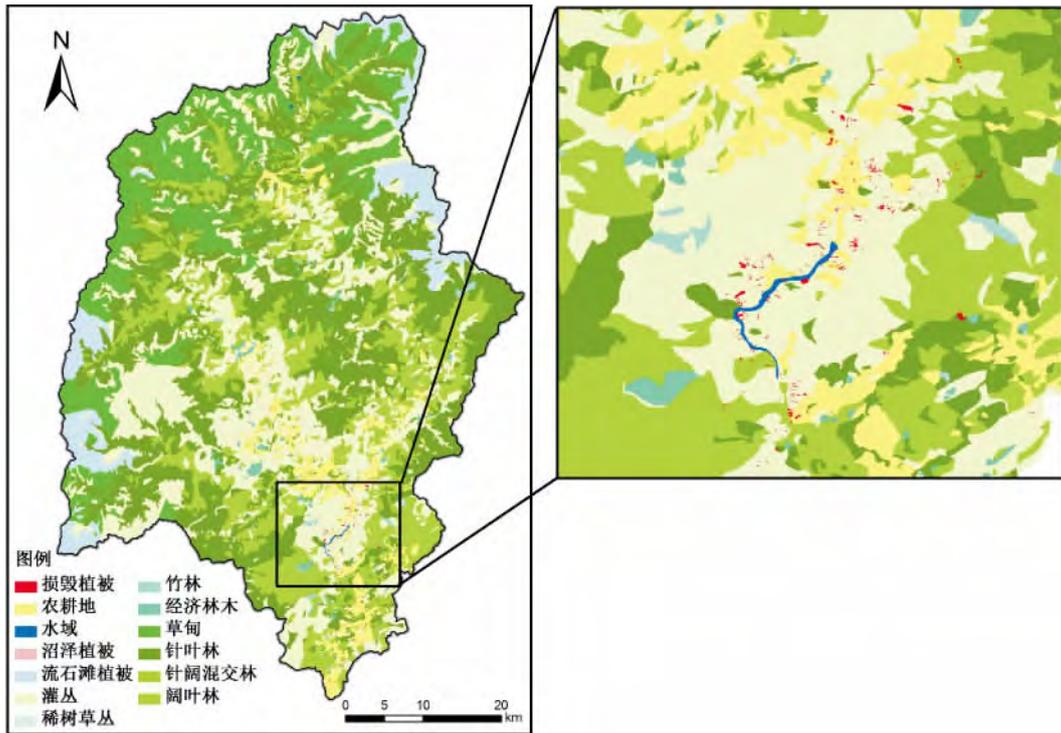


图9 受损植被空间分布

Fig.9 The spatial distribution of the damaged forest vegetation

阔叶林 0.18 km², 灌丛损毁面积最大, 为 1.05 km²。损毁的针叶林和阔叶林主要分布在海拔 1 500 ~ 2 000 m (图 10), 灌丛则主要分布在海拔 1 000 ~ 1 500 m。在不同海拔分级上损毁植被范围越大, 其投影面积与地表面积之间的差异越大, 受损灌丛地表面积与投影面积之比达到 1.63, 针叶林和阔叶林面积比也分别达到了 1.31 和 1.43。

坡度是影响崩塌和滑坡稳定性的重要因素, 对地震崩塌、滑坡贡献最大, 是影响地震崩塌、滑坡的

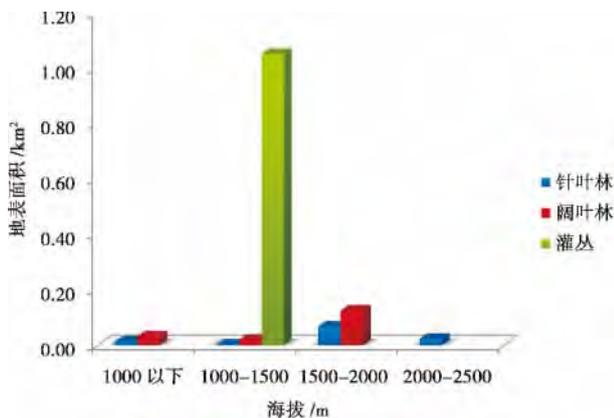


图 10 受损森林植被海拔分布特征

Fig. 10 Altitude distribution characters of damaged forest vegetation

重要因子^[14]。此次芦山地震, 宝兴县损毁的针叶林 70% 集中分布在 35° ~ 45°; 损毁的阔叶林在坡度较缓的 0° ~ 5° 及 35° ~ 45° 的陡坡均有分布; 由于陡坡上崩塌、滑坡较发育, 因此分布在陡坡上的灌丛损毁面积较大。

图 11 反映的是不同坡度级上崩塌、滑坡损毁的森林植被投影面积与地表面积之间的差异, 在坡

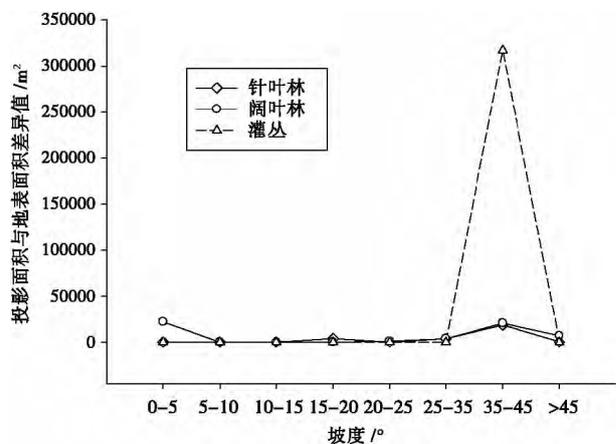


图 11 不同坡度级上崩塌滑坡损毁森林植被投影面积与地表面积差异

Fig. 11 The differences between surface area and projected area of damaged forest vegetation caused by collapse and landslide in different gradients

度达到 35° 以上时,损毁的针叶林、阔叶林和灌丛投影面积与地表面积之间的差异迅速增大,特别是灌丛面积差异尤为明显。由前面分析可知,在研究区范围内,随着坡度级的增大,不同森林植被类型的地表面积与投影面积之比增大的趋势均变快,地表面积与投影面积之间的差异越来越明显,特别是坡度达到 35° 以上时,灌丛和阔叶林面积比迅速增大,面积差异尤为明显。而崩塌和滑坡主要发生在坡度较陡的 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间的区域,损毁面积最大的植被类型为灌丛,因此计算损毁的灌丛、阔叶林和针叶林的投影面积与地表面积差异明显。

4 结论

宝兴县森林植被表面积 $3\,019.48\text{ km}^2$,其中,针叶林覆盖面积最大,占总面积 40.54% ,其次是灌丛、阔叶林。不同森林植被类型地表面积与投影面积之间均存在较大差异,且所占面积比例越大,差异越大,针叶林地表面积比投影面积高 19.99% 。对于地形起伏复杂的宝兴县而言,计算森林植被面积时,地表面积与投影面积之间的差异不容忽视。

1. 宝兴县境内森林植被海拔跨度大,垂直分布明显。海拔从低到高大致分布着经济林、竹林、阔叶林、针叶林和灌丛。由于在海拔 $2\,500\sim 3\,000\text{ m}$ 之间集中分布大量针叶林,海拔 $4\,000\text{ m}$ 以上集中分布大面积灌丛,因此这两个海拔区域内的植被投影面积与地表面积差异最大,其地表面积比投影面积分别高出 19.04% 和 20.42% 。

2. 宝兴县森林植被主要分布在 $>25^{\circ}$ 以上的陡坡上,随着坡度级的增大,不同森林植被类型的地表面积与投影面积之间的差异越来越明显。当坡度达到 35° 以上时,面积比迅速加快,其中灌丛和阔叶林地表面积与投影面积之间的差异迅速增大。计算分布在陡坡上的植被面积时,坡度对面积计算的影像较为明显。

3. “4·20”芦山地震引发的崩塌、滑坡损毁了分布在海拔 $1\,500\sim 2\,000\text{ m}$ 之间针叶林和阔叶林,以及分布在 $1\,000\sim 1\,500\text{ m}$ 之间的灌丛,其中灌丛损毁面积最大,针叶林损毁面积最小。由于损毁植被主要集中在 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间,因此计算损毁植被面积时,灌丛地表面积与投影面积之间的差异也较大。

宝兴县地形起伏复杂,森林植被地表面积与投影面积差异明显,坡度对植被面积的计算影响较大,

坡面植被面积的计算依据地表面积将更为准确。基于地表粗糙度地学意义可快速获取森林植被类型地表面积,获取更加准确的灾后森林植被受损情况。若建立典型地区地表粗糙度数据库,则能为计算地表面积提供快捷、简单、准确的方法。

参考文献(References)

- [1] Xu Xinliang, Cao Mingkui. An analysis of the applications of remote sensing method to the forest biomass estimation [J]. *Geo-information science* 2006, 8(4): 122-128 [徐新良,曹明奎. 森林生物量遥感估算与应用分析[J]. 地球信息科学, 2006, 8(4): 122-128]
- [2] Cheng Jilong, Wu Wei, Liu Hongbin. Calculation of the surface area of forestland using DEM [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Science* 2008, 21(5): 1348-1352 [陈吉龙,武伟,刘洪斌. DEM在林地表面积计算中的应用研究[J]. 西南农业学报, 2008, 21(5): 1348-1352]
- [3] Song Weiwei, Guan Dongsheng, Wang Gang. Influence of terrain on plant biomass estimates by remote sensing: a case study of Guangzhou, China [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2012, 32(23): 7440-7451 [宋巍巍,管东生,王刚. 地形对植被生物量遥感反演的影响——以广州市为例[J]. 生态学报, 2012, 32(23): 7440-7451]
- [4] Pang Xiaoyan. Application of satellite remote sensing technique in forest survey, the inner mongoli [J]. *Inner Mongolia Forestry Investigation and Design* 2009, 32(3): 59-60 [庞晓燕. 卫星遥感技术在内蒙古森林资源调查中的应用[J]. 内蒙古林业调查设计, 2009, 32(3): 59-60]
- [5] Ren Jian, Hong Dingan, Deng Jie et al. Application of IRS-P5 and rapideye to the inventory of forest resources [J]. *Shanxi Forest Science and Technology* 2011, (4): 15-16, 21 [任健,洪定安,邓杰,等. IRS-P与RapidEye遥感影像在森林资源调查中的应用[J]. 陕西林业科技, 2011, (4): 15-16, 21]
- [6] Jiao Yizhi, Chen Yu, Zhang Suocheng et al. 3S technology in forest resources investigation [J]. *Hebeijournal of forestry and orchard research* 2007, 22(4): 360-362 [焦一之,陈瑜,张锁成,等. “3S”技术在森林资源调查中的应用[J]. 河北林果研究, 2007, 22(4): 360-362]
- [7] Liu Zengli, Zheng Chengyang, Fang Jingyun. Relationship between the vegetation type and topography in Mt. Xiaowutai Heibei Province: a remote sensing analysis [J]. *Biodiversity Science* 2004, 12(1): 146-154 [刘增力,郑成洋,方精云. 河北小五台山主要植被类型的分布与地形的关系: 基于遥感信息的分析[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 146-154]
- [8] Li Wenhong, Gong Jianhua. Quantitative simulation for difference between true surface area and planimetric area [J]. *Application Research of Computers* 2008, 25(4): 983-985 [李文航,龚建华. 遥感地表真实面积和垂直投影面积差异的定量化模拟[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(4): 983-985]
- [9] Wang Changhai. Arithmetic research on 3D terrain area of DEM [J]. *Hong Shui River* 2010, 29(3): 153-154, 166 [王长海.

- DEM 模型的三维地表面积算法研究[J]. 红水河 2010 29(3): 153-154,166]
- [10] Liu Guowang. Calculating the area of the land surface on the topography map[J]. Information and Control, 1986, (2): 25-30 [刘国旺. 在等高线地形图上量算地表面积[J]. 信息与控制, 1986 (2): 25-30]
- [11] Jenness J S. Calculating landscape surface area from digital elevation models[J]. Wildlife Society Bulletin, 2004 32(3): 829-839
- [12] Tang Guoan, Liu Xuejun, Lv Guonian. Principle and method of digital elevation model and geological analysis[M]. Beijing: Science Press, 2005: 4 [汤国安, 刘学军, 阎国年. 数字高程模型及地学分析的原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 4]
- [13] Song Jia, Tang Guoan, Wang Chun, et al. Edge effect analysis on deriving slope from grid DEM[J]. Bulletin of soil and water conservation, 2006, 26(3): 82-85, 116 [宋佳, 汤国安, 王春, 等. DEM 提取坡度产生的边缘效应分析[J]. 水土保持通报, 2006, 26(3): 82-85, 116]
- [14] Zhuang Jianqi, Cui Peng, Ge Yonggang, et al. Distribution Characteristics and impact factors assessment of collapses and landslides caused by 5.12 Wenchuan earthquake: taking Dujiangyan - Wenchuan highway as a sample[J]. Geological Science and Technology Information, 2009 28(2): 16-22 [庄建琦, 崔鹏, 葛永刚, 等. 5.12 汶川地震崩塌滑坡分布特征及影响因子评价——以都江堰至汶川公路沿线为例[J]. 地质科技情报, 2009 28(2): 16-22]

Calculating Surface Area of Forest Vegetation and Distribution Characters of Damaged Forest in Baoxing of Sichuan, China

ZENG Zhen^{1,2}, LUO Huaibin³, FAN Jianrong¹, LIU Fei⁴

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. South-Central Investigation and Planning Institute of State Forestry Administration, Changsha 410014, China;

4. Sichuan Remote Sensing Geomatics Institute, Chengdu 610100, China)

Abstract: The forest in Baoxing of Sichuan, China is crucial for preserving biodiversity and ecosystem stability of the county. In order to calculate the surface area of forest and to analyze the damage of vegetation caused by the earthquake, this thesis obtained the information about pre-disaster forest vegetation types based on SPOT remote sensing images. Based on the geology significance of surface roughness, the surface area of different forest vegetation types had been calculated and the differences between the surface area and projected area had been analyzed. The information of damaged forest vegetation was acquired by aircraft images after disaster. The distribution characters of the damaged forest vegetation had been analyzed. The results show that the total surface area of forest in Baoxing County is 3 019.48 km². The area of conifer forest accounts for the most of the total forest vegetation area (40.54%) and second largest area belongs to shrubbery and broad-leaved forest. Their surface area are both more than 19% of the projected area. The vertical differentiation of the forest is obvious. The altitude from low to high roughly distributed the economic forest, bamboo forest, broad-leaved forest, conifer and shrubbery. The elevation range area where is distributed lots of conifer and shrubbery has large differences between the surface area and projected area. The collapse and landslide caused by Sichuan Lushan earthquake mainly damaged the conifer forest, broad-leaved forest and shrubbery which distributed in the elevation of 1 000 ~ 2 000 m, slope of 35° to 45°. Among them, the damaged area of shrubbery is largest and that of the conifer forest is smallest. When the slope reached above 35°, the difference between two kinds of area for shrubbery and broad-leaved forest increased quickly. Area difference analyzing and damaged analyzing for forest vegetation in Baoxing County can guide the ecosystem restoration after the disaster.

Key words: DEM; Baoxing County; surface roughness; vegetation type; surface area