

文章编号: 1008-2786-(2009)2-0177-11

2008年春季中国南方冰雪冻害林木物理 折损典型样带分析

邵全琴, 黄麟, 刘纪远*, 匡文惠, 李佳
(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要: 2008年春季我国南方发生了特大冰雪灾害, 林木损害严重。选择江西省井冈山-吉泰盆地-于山山脉-武夷山支脉样带作为研究区, 两次进行野外调查, 结合收集的数据, 进行综合分析, 得出结论包括: (1) 在研究样带内人工林的损毁程度为湿地松林 > 马尾松林 > 混交人工林 > 杉木林, 在受损样本中湿地松林的实际受损比例高达 61.3%, 其中不可自然恢复折损实际比例达 43.2%, 相对比例达 70.4%, 主要是因为湿地松是美国南部地区外来引进种, 生长快、材质疏松, 而且割脂活动较强; 马尾松为乡土造林先锋树种, 材质较为坚硬, 但受割脂活动影响, 在受损样本中实际受损比例也高达 52.5%, 其中不可自然恢复折损实际比例达 31.8%, 相对比例达 60.9%; 杉木是本地树种, 实际受损比例 46%, 其中不可自然恢复受损实际仅 14.9%, 相对比例也仅 32.5%, 低于混交人工林。(2) 调查样带自西向东, 西部井冈山地区常绿阔叶林受损程度最轻, 分布在 700 m 左右的人工柳杉林受损严重, 杉木林分布在 700 m 以下的受损程度较轻, 而分布在 900 m 以上的则相对严重; 中部吉泰盆地受损调查样点中, 分布在低海拔的湿地松林和马尾松林, 因割脂活动受损程度严重, 杉木林受损最轻, 长期封育的天然次生林落叶阔叶林, 由于藤本植物的缠绕, 导致大量冰挂积雪, 受损十分严重; 东部兴国和宁都县, 分布在 400 m 以下的人工飞播马尾松因个体小基本未受损, 分布在 400 m 以上的 1960 年代人工种植马尾松, 因割脂活动, 受损严重; 而分布在 500 ~ 900 m 的杉木林受损程度较轻。

关键词: 冰雪冻害; 林木物理折损; 典型样带; 实际受损比例

中图分类号: P429 S761.3

文献标识码: A

2008-01-11~02-05 我国南方大范围出现特大雨雪冰冻灾害天气, 特点: 冻雨冰雪天气来势猛、降雨量大、持续时间长。据统计, 因受特大雨雪冰冻灾害影响, 湖南、湖北、安徽、广西、江西、贵州、河南、云南、四川、重庆、青海、陕西、甘肃、新疆、浙江、江苏、福建、广东、海南等 19 个省(市、区)共有近 $19.8 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 森林受损毁^[1]。其中, 损毁毛竹 $68.3 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 林木 $11.6 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 苗木 $13.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 99 亿株。林业损失严重的省份有江西、湖南、湖北、广东、贵州等林业大省。其中, 江西森林损毁

最为严重, 造成 $35.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 森林受灾, 占全省森林面积的 40.8%, 林业直接经济损失 154.5 亿元^[2]。

雨雪冰冻灾害严重影响森林的树种组成、生物多样性、林分结构以及树木生长^[3-6]。树木在较长时间内遭受雪压、冰冻、冻拔, 易发生部分幼嫩枝叶冻枯、生长衰弱、枯死等生理伤害^[7], 而当附加在树冠和树干上的冰凌压力达到树木承受的极限时, 树木的特定部位不能支持这些负荷而造成树干弯曲、树冠和树干折断以及连根拔起等物理伤害^[3]。

收稿日期 (Received date): 2008-12-20。

基金项目 (Foundation item): 中德国际科技合作项目 (2006DFB91920), 国家科技支撑计划 (2006BAC08B00) [The International Science and Technology Cooperative Program of China under Grant No. 2006DFB91920 National Key Project of Scientific and Technical Supporting Programs (2006BAC08B00)]

作者简介 (Biography): 邵全琴 (1962-), 女, 研究员, 从事 GIS 和生态信息研究。[Shao Quanqin (1962-), female Professor major research field in GIS application and ecological informatics] E-mail: Shaoqq@lreis.ac.cn

* 通讯作者: 刘纪远 (1947-), 研究员, 从事土地利用/土地覆被变化及其宏观生态效应研究。[Liu Jiyuan (1947-), male Professor major research field in land use/cover change and its ecological effect] E-mail: Liujiy@igsnrr.ac.cn

这次南方春季的冰雪冻害对森林造成了什么样的损害? 林木样点折损率与地形高程、坡度、坡向、树种有关吗? 有些学者或部门利用灾前灾后相同时段的NDVI参数来评估森林受损情况, NDVI的变化值能反映林木受损实际情况吗? 寻求这些问题的答案, 对于冰雪冻害灾后林业恢复重建规划及灾后林业损失评估具有重要意义。

江西省鄱阳湖流域山地面积约占整个流域面积的36%, 丘陵面积约占42%。主要植被类型有针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、竹林、矮林和灌丛等。1980年代前因过伐及盲目垦殖, 森林覆盖率降至36%, 经过20多年的三江湖工程, 森林覆盖率上升道60.05%^[8-9]。作者选择位于江西省中南部的井冈山-吉泰盆地-于山-武夷山支脉典型剖面作为调查样带和本研究的区域范围(图1)。

研究样带包括井冈山市、泰和县、兴国县和宁都县, 罗霄山脉位于样带西端, 中间横跨吉泰盆地和于山山脉, 东端至武夷山山脉的支脉。样带所在区域属中亚热带湿润季风性气候, 具有我国亚热带地区典型红层地貌发育的特征。井冈山市地处湘赣两省交界的罗霄山脉中段, 年平均气温14.2℃, 一月为最冷月, 平均温度3.2℃, 七月最热月, 平均气温仅为23.9℃, 年平均降雨量1856.3 mm^[10]。森林以天然阔叶林、杉木和毛竹为主, 有迄今地球上同纬度保存最好的7000多hm²次原始森林和联合国环境保护组织誉为全世界仅有的亚热带常绿阔叶林, 自然保护区内森林覆盖率达到86%^[11]。泰和县位于吉泰盆地腹地, 地貌以山地、丘陵、河谷平原为主, 多年平均气温为18.6℃, 七月平均气温为29.7℃, 1月平均气温为6.5℃, 年均降水量为1318~1575 mm, 多年平均蒸发最为1154.1 mm。森林以人工湿地松林、马尾松和杉木为主, 覆盖率51.6%^[12-13]。兴国的地貌以低山、丘陵为主, 多年平均气温18.9℃, 1月平均气温3.4℃, 7月平均气温34.4℃, 年平均降雨量1500 mm, 土壤瘠薄加上过度利用, 导致水土流失严重。兴国县历史上曾林木繁茂、山青水秀, 但由于长期战火和过伐的人为破坏, 森林资源大幅度减少, 到1982年, 全县林地面积只有10.9×10⁴ hm², 森林覆盖率仅33.8%。通过20多年的植树造林、飞播造林等, 使森林覆盖率达到72.2%^[14-15]。1970年代开始飞播造林, 造林树种以马尾松为主, 森林覆盖率现为72.2%。宁都县属典

型的丘陵山区, 年平均气温17.6℃, 1月平均气温6.3℃, 7月平均气温26.8℃, 年平均降雨量1650 mm^[16]。森林以马尾松和杉木为主, 覆盖率达71%^[17]。

1 数据与方法

本研究收集了森林资源二类调查数据、气象数据、森林资源分布图、地形图、遥感数据等。其中, 气象数据包括井冈山(1999~2004年)、吉安(1953~2002年)和赣州(1952~2004年)3个国家气象台站每年1~2月的日降水量和日平均气温数据, 以及井冈山、泰和、兴国、宁都4个地方气象台站2008-01-01至02-10的日降水量、日平均气温、日最高气温和日最低气温数据。遥感数据包括MODIS产品NDVI以及北京1号小卫星图像。

2008-02-28~03-09和03-27~04-24作者对样带内的典型森林受灾区进行了野外调查(见图1), 共调查森林受损样本339个。调查内容包括(1)经纬度、海拔等定位信息; (2)树种、树龄的识别; (3)样点折损率和受损状况(折梢、折冠、干折、掘根、弯曲)的判断; (4)坡向、坡度的估测; (5)割脂、土层厚度、林分结构等其他信息; (6)弯斜角度、折断高度、割脂率和受损率的样点调查等。调查方式有四种: (1)一般调查, 包括定位、照相、摄像、目视判断折损率、估测折损范围/面积; (2)重点调查, 包括进入林内的定位、照相、摄像、判断与量测折损范围/面积以及坡度坡向等; (3)样方调查, 主要方法是每木观测, 共4个, 主要调查割脂活动对林木受损的影响; (4)访问调查。

在室内将定位及林木折损范围描绘于1:5万地形图上, 并利用ARC GIS数字化后, 将样点位置与受损范围图与DEM叠加进行空间分析, 计算与分析所有调查样点(包括一般调查点、重点调查点和样方调查点)的高程、坡度、坡向等。然后。利用MATLAB和EXCEL进行统计分析。

本文除了将林木物理受损类型分为倒伏(含掘根和翻斃)、折干、枝冠折损(含折冠、折梢和折枝)、弯裂和混合折损5种类型进行统计分析外, 还将林木物理受损类型进一步归类为不可自然恢复折损(含弯裂、掘根、翻斃和折干)、可自然恢复折损(含折冠、折梢和折枝)和混合折损三种类型, 并计算三种折损类型的实际受损比例和相对受损比例。

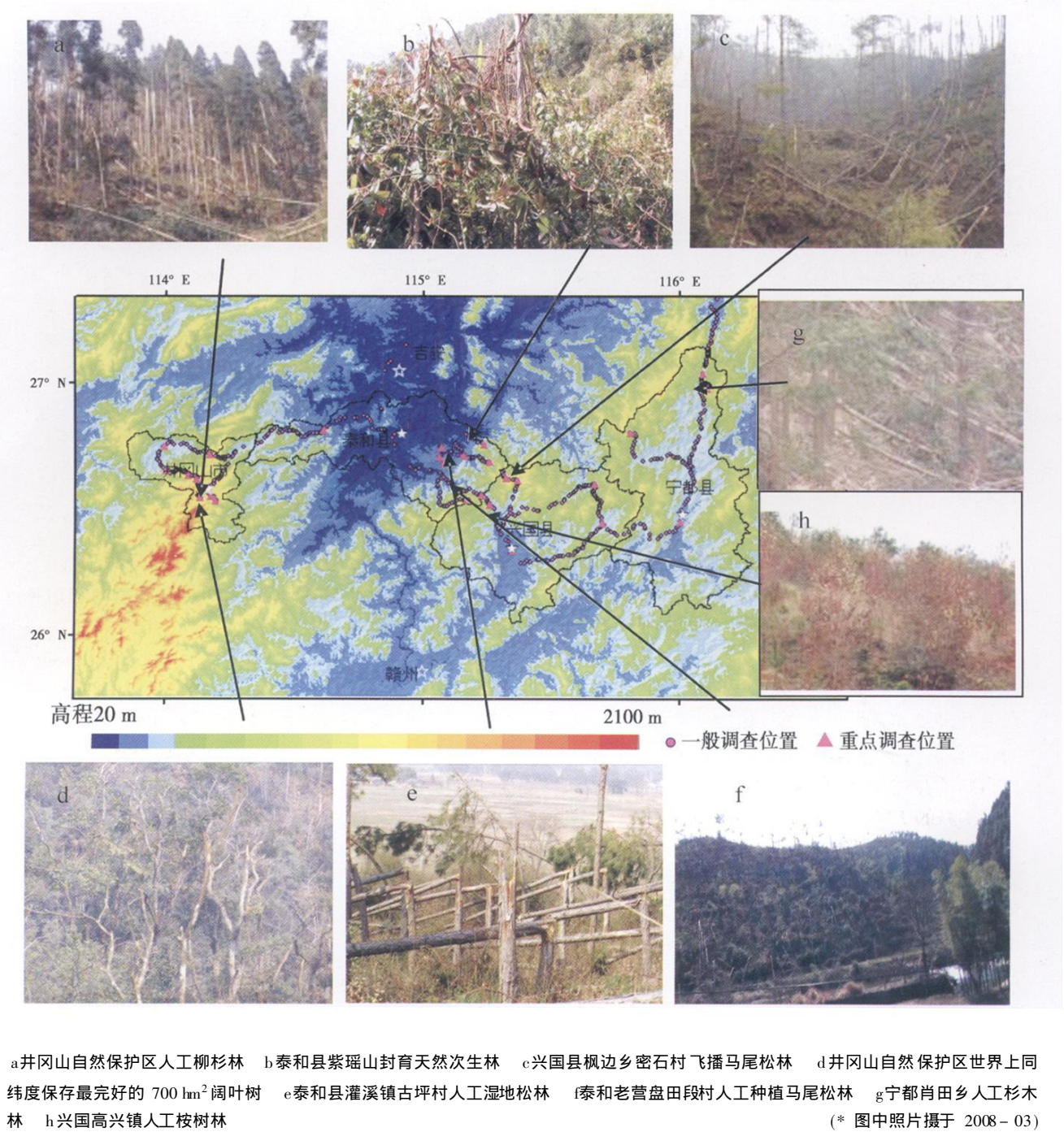


图 1 研究区范围和调查样点分布图
Fig 1 The location of transect and sampling points

某一树种某一折损程度的实际受损比例 A_{per} 计算如下

$$A_{per} = Z_{per} \times K_{per} = \left(\sum_{i=1}^n Z_i \right) / N \times 100\%$$

式中 N 为某一树种折损样本总数, n 为某一树种某一折损程度 (共三种) 的样本数; Z_{per} 为某一树种某一折损程度样点折损率 (调查样地中受损植株占

植株总数的比例) 的加权平均; K_{per} 为某一树种某一折损程度样本数与该树种折损样本总数的比例。

某一树种某一折损程度的相对受损比例 R_{per} 是某一树种某一折损程度的实际受损比例与某一树种所有折损程度的实际受损比例的比值, 计算公式如下

$$R_{per} = A_{per}^i / \sum_{i=1}^3 A_{per}^i \times 100\%$$

实际受损比例可以反映出在调查的受损样本中, 林木实际折损的情况。

2 结果与分析

2.1 2008年春季研究区域气候异常过程

冻凝灾害的产生取决于降水量和降水类型, 雨夹雪或先降雨后降雪, 温度又迅速下降到接近 0℃左右时, 雨淞、雪片和冰粒可迅速、大量地在树冠上积累, 树木受害的危险将会加剧^[18]。风是造成受害的重要外力, 如果降水后期再有大风出现将会折断

已满冰凌的林木, 使森林遭到更趋严重的灾害^[19]。

井冈山气象站位于茨坪(图 1 中灰色五角星), 可以代表山区气候状况, 赣州、泰和、兴国和宁都气象站则位于盆地或山谷低地区域, 所以兴国和宁都的山地丘陵区的气候更适合参考井冈山的气候状况。

2.1.1 异常增温和强降温过程

从图 2 可以看出, 井冈山气象站 1999~ 2004-01-01~ 02-10 多年平均日气温最低为 - 0.8℃, 最高为 7.4℃, 平均为 4.5℃, 变幅为 6.6℃; 而 2008 年同时期日平均气温最低为 - 3.5℃, 最高为 15.6℃, 平均为 0.8℃, 变幅为 12.1℃, 而且连续时

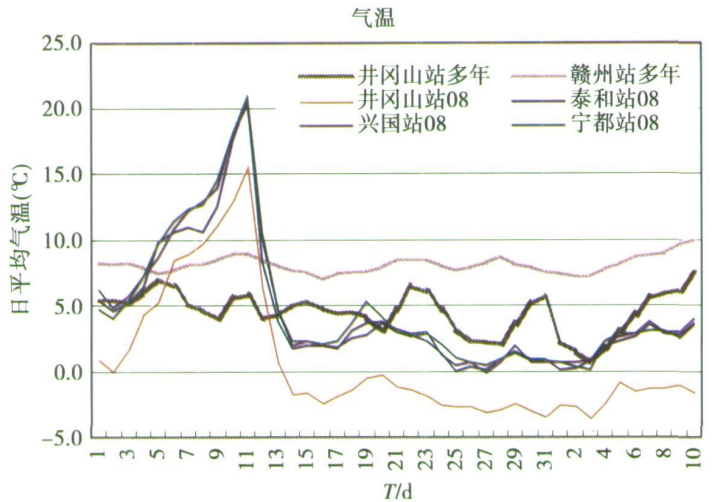


图 2 井冈山、赣州、泰和、兴国和宁都气象站 01-01~02-10 日平均气温 (其中,粗虚线为多年日平均气温,细实线为 2008 年日平均气温)

Fig. 2 The mean daily air temperature during 1 Jan. and 10 Feb. 2008 and annual average daily air temperature during 1 Jan. and 10 Feb. in transect

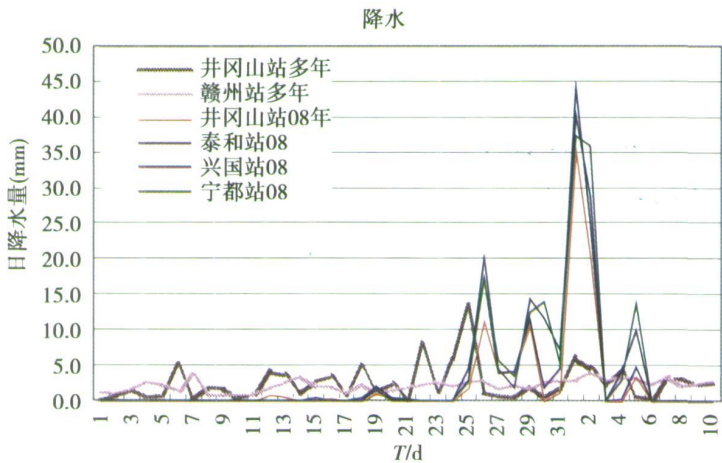


图 3 井冈山、赣州、泰和、兴国和宁都气象站 01-01~02-10 日降水量 (其中,粗虚线为多年平均日降水量,细实线为 2008 年日降水量)

Fig. 3 The mean daily precipitation during 1 Jan. and 10 Feb. 2008 and annual average daily precipitation during 1 Jan. and 10 Feb. in transect

间 > 20 d 低于 0°。井冈山气象站 2008-01-01~02-10 的日平均气温, 与同时期多年平均日气温逐日相比, 最高上升 9.8℃, 最低下降 9℃。

赣州气象站 1952~2004-01-01~02-10 多年平均日气温最低 7.1℃, 最高 10℃, 平均 8.2℃, 变幅为 2.9℃; 而 2008 年同时期泰和气象站日平均气温最低为 0.1℃, 最高为 20.8℃, 平均为 4.4℃, 变幅为 20.7℃; 同时期兴国气象站日平均气温最低为 0℃, 最高为 20.3℃, 平均为 4.7℃, 变幅为 20.3℃; 同时期宁都气象站日平均气温最低为 0.2℃, 最高为 20.9℃, 平均为 4.8℃, 变幅为 20.7℃。泰和、兴国和宁都气象站 2008-01-01~02-10 的日平均气温, 与同时期赣州气象站多年平均日气温逐日相比, 最高分别上升 11.8℃、9.1℃、11.9℃, 最低分别下降 8.1℃、8.8℃、7.8℃。

在 2008-01-04~02-11, 气温有一个迅速持续的上升过程, 升温幅度达到 11.6~14.3℃。而 02-12~14 则突然降温, 降温幅度达到 17.1~20.8℃, 并持续时间 > 20 d 的低温天气。

2.1.2 强降水过程

从图 3 可以看出, 井冈山气象站 1999~2004-01-01~02-10 多年平均日降水量最低为 0 mm, 最高为 13.7 mm, 平均为 2.5 mm, 变幅为 13.7 mm; 而 2008 年同时期日降水量最低为 0 mm, 最高为 35.4 mm, 平均为 2.4 mm, 变幅为 35.4 mm。

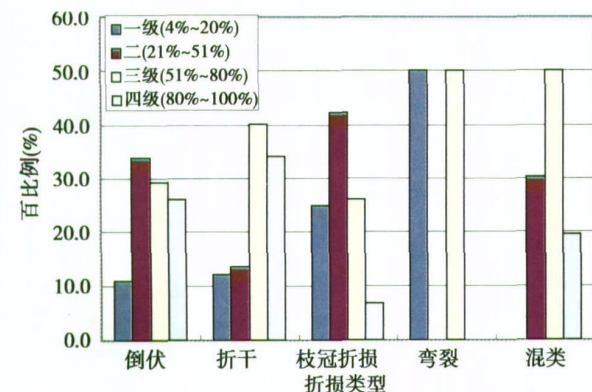


图 4 各树木折损类型的样点折损率分级百分比

Fig. 4 The percentage of damage ratio range for each forest damage type in transect

赣州气象站 1952~2004-01-01~02-10 多年平均日降水量最低 0.7 mm, 最高 4.3 mm, 平均 2.2 mm, 变幅为 3.6 mm; 而 2008 年同时期泰和气象站日降水量最低为 0 mm, 最高为 44.4 mm, 平均为

3.1 mm, 变幅为 44.4℃; 同时期兴国气象站日降水量最低为 0 mm, 最高为 40.3 mm, 平均为 3.6 mm, 变幅为 40.3 mm; 同时期宁都气象站日降水量最低为 0 mm, 最高为 37.5 mm, 平均为 3.7 mm, 变幅为 37.5 mm。

在 2008-01-25~02-05 有 4 次强降雨过程, 其中 02-01~02 有一次超强降水过程, 四个气象站点两天的降水量分别达到 55.9 mm、69.6 mm、69.1 mm 和 73.5 mm。这次超强降水过程对林木产生了严重的物理损害。

2.2 样带内林木林分受损特征分析及其与立地条件的关系

2.2.1 林木受损类型

因雨雪冰冻灾害林木受损可以分为物理损害 (图 1 中 a h c d e f g) 和生理损害 (图 1 中 h) 两大主要类型。林木物理损害主要包括弯裂、断梢、折枝、折冠、劈裂、折干、倒伏 (掘根和翻蔸) 等类型。其中, 林木弯斜、折梢、折枝等属于轻度受害, 仍能正常生长, 林木主干劈裂、翻蔸、倒伏、折干等则属于重度受害, 不可恢复, 需要清理后重新种植。生理损害包括冻梢 (25%~50% 叶枯死掉落, 枝干无冻害)、冻枝 (50%~75% 叶枯死掉落, 枝多数冻害, 主干无冻害)、冻死 (75% 叶枯死掉落, 枝干冻害) 等类型。

在样带调查中发现发生生理冻害的主要是桉树 (基本冻死) 和油茶树 (影响开花结果) 等, 林木生理冻害没有做深入的调查。作者重点调查了林木物理受损, 并将林木物理受损类型分为倒伏 (含掘根和翻蔸)、折干、枝冠折损 (含折冠、折梢和折枝)、弯裂和混合折损 5 种类型。同时, 把各受损调查样点物理折损百分比 (下文简称样点折损率) 根据调查样地中受损植株占植株总数的比例划分为一级 (4%~20%)、二级 (21%~50%)、三级 (51%~80%) 和四级 (81%~100%) 四类。

根据调查的 339 个林木受损样本, 枝冠折损类型 (折冠、折梢和折枝) 占调查样本的 35.8%, 所占比例最大, 其次是折干, 31.7%, 倒伏 (掘根和翻蔸) 和混合折损各占 15.6 和 15.9%, 而林木弯裂所占样本比例最小 1.0%。在折损类型中 (图 4), 干折的样点四级折损率最高, 主要是割脂的人工湿地松林和马尾松林, 其次是倒伏类型。枝冠折损类型中的四级和三级折损率主要是落叶阔叶林, 而一级和二级折损率主要是针叶林。

此外, 调查发现树木掘根和翻蔸主要发生在在

陡坡及土层较浅薄的立地条件下(图 1g)。

2. 2. 2 林木物理受损的树种 林分差异

本文将样带内的森林按树种分为马尾松、杉木、湿地松、柳杉林、竹林、常绿阔叶、落叶阔叶、杂木林、针叶混交林、针阔混交林、林竹混交林十一类。其中针叶混交林主要由杉木、马尾松和湿地松构成,针阔混交林主要是常绿阔叶与马尾松、杉木或湿地松的混交,林竹混交林包括竹林与常绿阔叶、杉木、湿地松的混交。

按各树种受损样本数占总受损样本数的比例(表 1)可得出:杉木>马尾松>湿地松,常绿阔叶>落叶阔叶,针叶混交林>针阔混交林>林竹混交林。从各树种 林分样点折损率高低来说(图 5),则是湿地松>马尾松>杉木,天然次生落叶阔叶林>竹子>林竹混交林>针阔混交林>常绿阔叶>针叶混交林。

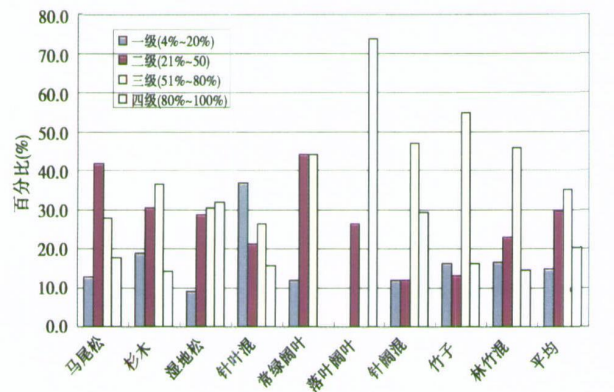


图 5 样带内各树种 林分样点折损率分级百分比

Fig 5 The percentage of damage rate range for different species/stands in transect

样带内湿地松主要分布于泰和县的低海拔丘陵区,幼、中龄期生长快,木材纤维横向强度小,且树干尖削度小,针叶含水量大,因此达 30. 2%的湿地松折冠,倒伏和折干分别达到 25. 4%和 22. 2%(图 6)。此外,由于割脂、材质疏松、地形等因素导致湿地松局部损毁严重,而由于树龄小等原因没有割脂的或割脂较少的湿地松受损则较轻。从样点折损率来说,湿地松林样点四级折损率占 36. 5%,样点二

级折损率占 33. 3%(见图 5)。

马尾松主要分布在样带内兴国、宁都县,其中高海拔地区的马尾松,多数种植于 20 世纪 50~ 60 年代甚至更早,由于割脂和地形等原因折损严重。折损类型以倒伏和枝冠折损为主,分别占受损马尾松样本的 30%和 22. 9%,其次是折干(17. 1%)和折梢(12. 9%)。而分布在低海拔区(< 300 m)的马尾松,则主要是 1980 年代和 1990 年代后的飞播林,树龄较小,且生长缓慢,基本没有受到物理损伤。在马尾松受损样本中,二级折损率占 43. 4%,四级折损率占 27. 6%(见图 5)。

杉木的材质硬度介于湿地松和马尾松之间,有人工林,也有大面积的杉木是马尾松或湿地松人工林砍伐后的次生林。主要受害特征是折冠,约占杉木受损样本的 47. 4%,折梢约 26. 3%,13. 2%折干。从样点折损率来说,二级占 30. 4%,三级占 27%,四级占 24. 4%(见图 5)。

人工柳杉主要分布于样带西部的井冈山,分布在低海拔 700 多 m 的人工柳山,局部受害严重,在调查的受损样本中,遭受重度和极重折损的柳杉各占 46. 2%,折损类型以倒伏(38. 5%)和树干裂折(15. 4%)为主,折痕较其他树种更长,30. 8%的林分遭受混合折损(见图 1a 图 5)。而分布在海拔 1 200 m 以上的人工柳山,则基本不受损,初步分析是因为高海拔地方历年的气温都较低,雨雪也较多,习惯了恶劣气候,同时,高海拔低温的影响,使得柳山生长速度比较慢,材质也相对较硬。

常绿阔叶林折损类型以枝冠折损为主,占 84%。样点折损率,二级和三级占 80% 以上(见图 6)。天然封育次生落叶阔叶林的主要折损类型为折干,样点四级折损率占 73. 7%。针阔混交林折损类型以折干和混合类为主,其次是倒伏和枝冠折损,样点三级折损率占 50%,极高的占 27. 8%。针叶混交林,以折冠为主,样点折损率低和中的分别占 33. 3%和 29. 6%。林竹混交林以折损类型以折冠和倒伏为主,样点折损率低和中分别占 37. 5%和 31. 3%。竹林主要表现为破裂而折断,样点三级折损率占 41. 9%。

表 1 样带内各树种 林分受损样本百分比

Table 1 The percentage of damage sample for tree species in transect

树种	马尾松	杉木	湿地松	针叶混	常阔	落阔	针阔混	竹子	林竹混
百分比(%)	19. 0	26. 9	15. 9	16. 7	6. 0	4. 6	4. 1	7. 5	11. 5

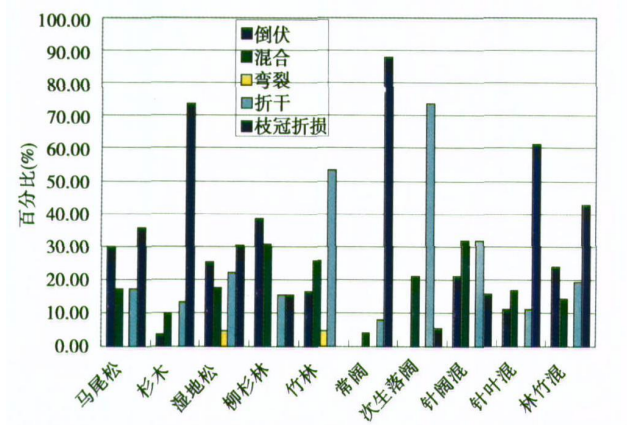


图 6 样带内各树种受损类型比例

Fig. 6 The percentage of damage type for each tree species in transect

2. 2. 3 林木物理受损的林分起源差异

本文将森林按林分起源划分为天然林、人工种植林(下文简称人工林)、人工飞播林(下文简称飞播林)、人工林砍伐后的次生林(下文简称伐后次生林)和天然封育次生林。按各林分起源的受损样本占受损总样本数量的比例可得出: 人工林 > 天然林 > 天然次生林 > 飞播林 > 伐后次生林(表 2), 而且人工林受损样本占总样本的 70% 以上。

表 2 样本中各林分起源类型所占比例					
Tab. 2 The percentage of stand type for samples					
林分起源	天然林	人工林	飞播林	伐后次生林	天然次生林
百分比 (%)	15.3	73.2	3.2	1.8	6.4

研究样带中的人工林主要分布在低海拔丘陵区。由于材质疏松、林分密度大、割脂等因素, 局部损毁严重, 特别是位于山口的人工林, 由于局地小气候的影响, 损毁严重。人工林受损样本中, 三级受损率占 30% 以上(图 7)。飞播林主要分布在样带东部的兴国县和宁都县的低海拔丘陵区, 林龄较小, 林分密度低, 几乎没有受损。天然次生林位于样带中部的泰和县, 主要是封山育林实施后的天然次生阔叶林, 以落叶阔叶为主, 乔木落叶后虽减少了可供冻结的表面积, 但是由于缠绕较多常绿的藤本植物, 几乎全部折断; 伐后次生林主要是人工种植马尾松林砍伐后的次生杉木林, 主要分布在较低海拔区, 整个区域均有分布, 林龄较小, 受损较轻。天然常绿阔叶林主要分布在样带西部的井冈山, 以折冠、折枝为主。总的看来, 作为自然选择的结果, 天然林的抗冰冻灾害能力要比人工林强。

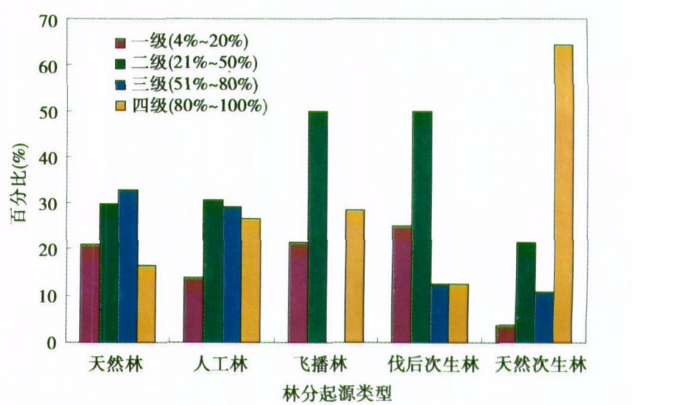


图 7 各林分起源类型中林木样点折损率分级百分比

Fig. 7 The percentage of damage rate range for different forest stands

3. 2. 4 林木物理受损的立地差异

地形是影响森林遭受冰雪灾害的一个重要因素之一^[3 20]。Lafon 等^[21]认为坡向是造成 1994 年美国阿巴拉契亚冰雪灾害的主因, 并得出迎风的南坡和东坡森林受害最严重。Milward and Kraft^[22]则认为海拔和坡向是控制 1998 年美国阿迪朗达克暴雪中森林受害的重要因素, 受害森林集中于海拔 200~ 600 m 范围内的东坡, 而坡的陡峭程度对其的影响很小。也有一些地面调查研究认为冰冻对森林的伤害随着坡度增加而增强^[3 5 6]。Stueve 等^[23]则研究认为森林雪冻灾害与坡向有密切联系, 尤其是东坡、东南坡和南坡, 此外, 中海拔区域和中等陡峭程度的山坡受害严重。

冻凝灾害首先与海拔有关, 海拔越高遭受灾害的危险越大, 这是由于在较高海拔区域因气温低较易结冰, 不仅树冠上的冰凌量多而且林木冻凝持续的时间也长, 因此受害较重, 而低海拔受灾相对较轻。这个规律在本样带中的兴国和宁都县是明显的, 海拔 300 m 以下基本没有林木物理损伤, 500~ 700 m 较严重, 而 700 m 以上则很重。这个规律在样带中部泰和县则不明显, 因为泰和县有大量人工种植林, 且割脂, 所以低海拔地方也存在大量的林木折损, 而山上的封育天然次生林因为藤本植物缠绕同样大量折损。样带西部井冈山地区天然林主要是枝冠折损, 且折损率很高, 人工柳山林折干为主, 人工杉木枝冠折损为主。所以, 不同地区发生严重灾害的海拔高度也存在差异, 这不仅反映了各地区林分适应冰雪荷载能力的差异^[24], 而且更主要是因为树种、林分起源的差别。

坡度是发生冻凝灾害的又一地形因素, 有研究表明陡坡的树木形成不对称树冠导致受害较

多^[356]。本样带调查中发现 75% 以上的受损样本,其坡度 > 15°。

不同坡向发生雪害的程度也不同,由调查分析知道,在北坡受损样本中,样点四级受损率占 45% 以上。

此外,迎风坡和风口的林分更容易遭受冻凝灾害,因为风口多易造成树木偏冠,同时,风口又是容易冰冻的地段,而且风又是造成折断的重要外力。

2.2.5 主要人工林的损毁程度差异

在研究样带内,这次冰冻雪灾对不同人工林的损毁程度为湿地松林 > 马尾松林 > 混交人工林 > 杉木林(表 3 图 8)。在调查的受损样本中,湿地松林

的实际受损比率高达 61.3%,其中不可自然恢复实际折损比例达 43.2%,相对折损比例达 70.4%,这意味着在调查的样地中,有 43.2% 的树木需要清理后重新种植。这一方面是因为湿地松是外来引进种,在美国天然分布于东南部海岸平原的低海拔地区,年平均气温为 18.9~22.2℃,生长快,材质疏松;另一方面是因为湿地松割脂活动的影响,湿地松的受损样方中割脂率达 71.4%,受损率达 92% 以上,不可自然恢复折损实际比例达 72.4%,而基本未受损湿地松样方割脂率只有 39.9%。由此可见,湿地松的割脂率若控制在一定的范围之内,对防止冰雪冻害灾害是有利的。

表 3 湿地松林、马尾松林、杉木林和混交人工林的受损程度比较												
Table 3 The damage degree of <i>Pinus elliotii</i> , <i>P. massoniana</i> , <i>Cunninghamia lanceolata</i> and Mixed Forest												
折损程度	湿地松林			马尾松林			杉木林			混交人工林		
	样本数	实际受损比例 (%)	相对受损比例 (%)	样本数	实际受损比例 (%)	相对受损比例 (%)	样本数	实际受损比例 (%)	相对受损比例 (%)	样本数	实际受损比例 (%)	相对受损比例 (%)
不可自然恢复折损	40	43.2	70.4	41	31.8	60.9	27	14.9	32.5	11	29.6	60.2
混合折损	13	11.3	18.5	12	10.7	20.6	11	6.4	13.8	5	13.4	27.3
可自然恢复折损	10	6.8	11.1	23	9.7	18.6	54	24.7	53.6	10	6.2	12.5
合计	63	61.3	100.0	76	52.2	100.0	92	46.0	100.0	26	49.2	100.0

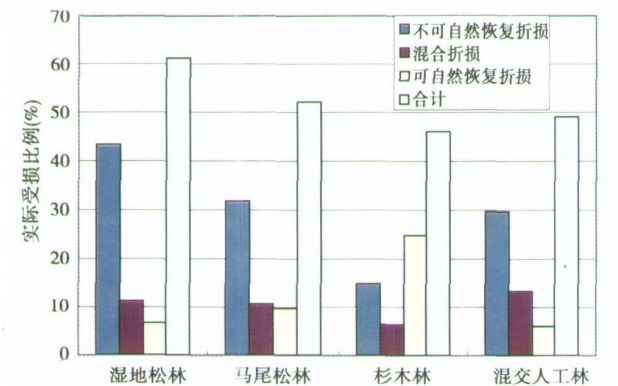


图 8 样带内受损样本中主要人工林的实际受损比例
Fig 8 The actual percentage of main forest plantation in damaged samples in transect

马尾松为乡土造林先锋树种,在样带内分布较广泛,区域内分种植和飞播两种马尾松人工林。马尾松材质较湿地松坚硬,但中龄和成熟林树普遍被割脂,所以在受损样本中实际受损比例仅次于湿地松,实际受损比例达 52.2%,其中不可自然恢复实

际折损比例达 31.8%,相对折损比例达 60.9%。

人工混交林包括针叶混交林和针阔混交林,调查样本数较少,实际受损比例达 49.2%,其中不可自然恢复折损实际比例达 29.6%,相对比例达 60.2%。

杉木是本地树种,样带内有大量人工种植杉木林,同时,也有大面积的是人工林(一般为马尾松)伐后次生的杉木林。杉木受损率最低,实际受损比例仅为 46%,其中不可自然恢复折损实际比例仅 14.9%,相对比例也仅 32.5%。

2.2.6 林木物理受损的人类活动影响

在本样带中,这次冰冻灾害林木物理受损的人类活动主要是割脂,林龄在 15 a 以上的湿地松几乎全部割脂,而早年种植的马尾松也都割脂。作者在泰和灌溪镇古坪村一农田与人工湿地松林交界处,进行了样方每木调查。此处,农田与丘陵交界的公路口,西、北坡和顶部割脂湿地松几乎全部干折,海拔 100 m 左右。在坡顶 30 m × 30 m 的样方中(表 4),71.4% 的湿地松植株被割脂,92.9% 的植株物理

受损, 其中, 干折占 70.4%。而且, 干折高度在 1.5 ~ 2 m 处的占 72.5%。但是, 在古坪村同一片树林的南坡, 只有局部小范围折损。除了局部地形条件有改变外, 更重要的原因可能是这片林子树龄小, 湿

地松割脂株数比例低。在南坡逐木三个样方, 样方大小分别为 20 m × 20 m, 20 m × 10 m, 30 m × 10 m, 三个样方总株数 193, 割脂株数 39.9%, 未割脂株数 60.1%。

表 4 湿地松受损样方调查
Table 4 The sample-plot investigation of Pinus elliottii forest

受损 状况	掘根		弯曲		正常生长		干折		小计	
	株数	比例 (%)	株数	比例 (%)	株数	比例 (%)	株数	比例 (%)	株数	比例 (%)
未割脂	1	50	16	80	1	14.3	10	14.5	28	28.5
割脂	1	50	4	20	6	85.7	59	85.5	70	71.4
小计	2	100	20	100	7	100	69	100	98	100
受损类型 比例 (%)	2.0	—	20.4	—	7.1	—	70.4	—	100	—

3 结论与讨论

1. 气候异常是造成这次冰雪冻害的主要原因。在 2008-01-04~01-11, 气温迅速上升, 升幅达 11.6~14.3℃; 而 01-12~14 则突然降温, 降幅达到 17.1~20.8℃, 并持续 20 多天的低温天气。在 01-25~02-05 有 4 次强降水过程, 其中 02-01~02 为超强降水, 这次降水量最高 73.5 mm。而且, 1 个多月持续结冰、雨、雨淞、雪、积雪、冰粒天气。

2. 在研究样带内, 这次冰冻雪灾对不同人工林的损毁程度为湿地松林 > 马尾松林 > 混交人工林 > 杉木林。在调查的受损样本中, 湿地松林的实际受损比例高达 61.3%, 其中不可自然恢复实际折损比例达 43.2%。这一方面是因为湿地松是外来引进种, 在美国天然分布于东南部海岸平原的低海拔地区, 年平均气温为 18.9~22.2℃, 生长快, 材质疏松; 另一方面是因为湿地松割脂活动的影响, 湿地松的受损样方中割脂率达 71.4%, 受损率达 92% 以上, 不可自然恢复折损实际比例达 72.4%, 而基本未受损湿地松样方割脂率只有 39.9%。由此可见, 湿地松的割脂率若控制在一定的范围之内, 对防止冰雪冻害灾害是有利的。马尾松为乡土造林先锋树种, 材质较湿地松坚硬, 受割脂活动影响, 在受损样本中受损率仅次于湿地松。杉木是本地树种, 受损率最低, 甚至低于混交人工林。该结论表明, 在调查区域受损森林生态系统的恢复重建中, 应尽可能减少外来种“南树北栽”, 在森林管理中, 应防止过度

的树木割脂, 以保证森林生态系统抗御灾害的能力。

3. 林木受损程度在调查样带存在区域差异。自西向东, 在西部的井冈山地区的受损调查样点中, 常绿阔叶林受损程度最轻, 基本为枝冠折损; 分布在 700 m 左右的人工柳杉林受损严重, 主要为劈裂; 杉木林分布在 700 m 以下的受损程度较轻, 主要为折冠, 而分布在 900 m 以上的则受损程度相对严重, 主要为混合折损和干折。在中部吉泰盆地的受损调查样点中, 分布在低海拔的湿地松林和马尾松林, 因割脂活动和局地小气候的影响, 受损程度严重, 基本为干折和倒伏; 杉木林则受损最轻; 长期封育的天然次生林落叶阔叶林(稀疏), 由于藤本植物的缠绕, 导致大量冰挂积雪, 受损十分严重, 因此, 应该加强对天然次生林的管理, 一方面可以防止冰冻雪灾, 另一方面可以满足 IPCC(联合国气候变化框架公约) LULUCF 优良指南森林管理活动导致的碳增汇要求, 进行碳汇交易。在东部的兴国和宁都县, 分布在 400 m 以下的人工飞播马尾松因个体小基本不受损, 分布在 400 m 以上的 1960 年代人工种植马尾松, 因割脂活动, 受损严重; 而分布在 500~900 m 的杉木林受损程度较轻, 主要为枝冠折损。

4. 在上述调查和分析的基础上, 作者对 2008 年和 2007-02~04 的 MODIS 16 天合成 NDVI 数据进行了初步分析, 证明利用 2 a 同时期的 NDVI 值相减, 并不能反映出林木的物理受损。这可能是因为调查区地处亚热带, 折损树木的林下植被生态茂盛的缘故。作者将进一步根据林业资源二类调查数据和长时间序列 NDVI 数据, 进行定量研究, 寻找遥感

评估雪灾损失的途径。

致谢:在样带调查中,江西省遥感中心樊哲文主任、吉安市三江湖办邱佐振主任参加并指导调查;兴国县汤雄杰副县长、宁都县何清平副县长,以及井冈山科技局和自然保护区管理局、泰和县科技局和林业局、兴国县科技局和林业局、均福山林场、宁都科技局和肖田乡等相关领导给予了大力支持和帮助;千烟洲生态站汪洪清副站长等给予后勤保障支持;在此,一并表示衷心的感谢!

参考文献 (References)

- [1] Dong Jun. The forest damaged by the snow and ice chaos in China is up to about 279 million m² [EB/OL]. <http://www.xinhuanet.com>. 2008 [董峻. 近2.79亿亩森林因冰冻雨雪天气受损毁 [EB/OL]. 新华网, 2008-02-13]
- [2] State Forestry Bureau. The investigation report on forest damage by 2008 ice storm chaos in Jiangxi Province [EB/OL]. <http://www.forestry.gov.cn> 2008 [国家林业局. 雨雪冰冻灾害江西林业受灾情况调研报告 [EB/OL]. <http://www.forestry.gov.cn>, 2008]
- [3] Rhoads A G, Hamburg S P, Fahey T J, *et al*. Effects of an intense ice storm on the structure of a northern hardwood forest [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 2002, 32: 1763~1775
- [4] Lafon C W, Speer J H. Using dendrochronology to identify major ice storm events in oak forests of southwestern Virginia [J]. *Climatic Research*, 2002, 20: 41~54
- [5] Lafon C W. Ice-storm disturbance and long-term forest dynamics in the Adirondack Mountains [J]. *Journal of Vegetation Science*, 2004, 15: 267~276
- [6] Lafon C W. Forest disturbance by ice storms in Quercus forests of the southern Appalachian Mountains [J]. *USA. Ecoscience*, 2006, 13: 30~43
- [7] Gu L H, Hanson P J, Post W M, *et al*. The 2007 eastern US spring freeze increased cold damage in a warming world [J]. *BioScience*, 2008, 58(3): 253~262
- [8] Wang Xiaohong, Yan Bangyou, Wu Guochen. The program of Mountain-River-Lake [M]. Beijing: Science Press, 2006: 331~332 [王晓鸿, 鄢帮有, 吴国琛. 山江湖工程 [M]. 科学出版社, 2006: 331~332]
- [9] Wei Li, Shan Jiusheng, Zhu Xingqin. Preliminary analysis of the impact of forest cover on landslide triggered by torrential rainfall [J]. *Meteorology and Disaster Reduction Research*, 2006, 29(1): 29~33 [魏丽, 单九生, 朱星球. 植被覆盖对暴雨型滑坡影响的初步分析 [J]. 气象与减灾研究, 2006, 29(1): 29~33]
- [10] Zhu Biqin, Liu Jiasheng, Xiao Jinxiang. Correlation analysis between forest fire and meteorological elements in Jinggang Mountain [J]. *Meteorology and Disaster Reduction Research*, 2007, 30(4): 65~68 [祝必琴, 刘家胜, 肖金香. 井冈山森林火灾与气象条件的相关分析 [J]. 气象与减灾研究, 2007, 30(4): 65~68]
- [11] Ma Zeqing, Liu Qijing, Wang Xianru. Forest resource change dynamic analysis assisted by using GIS in Jinggang Mountain National Reserve [J]. *Jiangxi Forestry Science and Technology*, 2007, 1: 1~7 [马泽清, 刘琪璟, 王秀茹等. 井冈山自然保护区森林资源变化分析 [J]. 江西林业科技, 2007, 1: 1~7]
- [12] Taihe Information Port. Geography and climate of Taihe County [EB/OL]. <http://www.th0796.com>, 2008 [泰和信息港. 泰和县地理气候 [EB/OL]. <http://www.th0796.com>, 2008]
- [13] Shao Quanqin, Yang Haijun, Liu Jiyan, *et al*. Study of carbon accumulation based on tree-ring information in Jiangxi Qianyanzhou plantation [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(1): 69~83 [邵全琴, 杨海军, 刘纪远, 等. 基于树木年轮信息的江西千烟洲人工林碳蓄积研究 [J]. 地理学报, 2009, 64(1): 69~83]
- [14] Li Beifang. Study on the impact of terrestrial ecological environment by the mountain development [J]. *Xudui*, 2001, 7: 11~12 [李北方. 山地开发对大陆生态环境影响问题探讨 [J]. 学会, 2001, 7: 11~12]
- [15] Chen Xianfu, Shi Xuezheng, Yu Dongshen, *et al*. Forest soil organic carbon pool and its relationship with environmental factors in Xingguo County [J]. *Geographical Research*, 2004, 23(2): 211~216 [程先富, 史学正, 于东升, 等. 兴国县森林土壤有机碳库及其与环境因子的关系 [J]. 地理研究, 2004, 23(2): 211~216]
- [16] Chen Dazhao, Lin Ang. Forest vegetation current situation and countermeasures of Cuiviefeng National Forest Park in Ningdu county, Jiangxi province [J]. *East China Forest Management*, 2000, 14(2): 55~26 [陈大钊, 林盎. 江西省宁都翠微峰国家森林公园森林植被现状及对策 [J]. 华东森林经理, 2000, 14(2): 55~26]
- [17] Homepage of Government Ningdu County. Geography and climate of Ningdu County [EB/OL]. <http://www.ningdu.gov.cn>, 2008 [宁都政府网站. 宁都县气候与地理 [EB/OL]. <http://www.ningdu.gov.cn>, 2008]
- [18] Irland L C. Ice storms and forest impacts [J]. *The Science of the Total Environment*, 2000, 262: 231~242
- [19] Zhu J, Li X, Liu Z, *et al*. Factors affecting the snow and wind induced damage of a montane secondary forest in northeastern China [J]. *Silva Fennica*, 2006, 40(1): 37~51
- [20] Foster D R, Knight D H, Franklin J F. Landscape patterns and legacies resulting from large infrequent forest disturbances [J]. *Ecosystems*, 1998, 1: 497~510
- [21] Lafon C W, Graybeal D Y, Orvis K H. Patterns of ice accumulation and forest disturbance during two ice storms in southwestern Virginia [J]. *Physical Geography*, 1999, 20: 97~115
- [22] Milward A A, Kraft C E. Physical influences of landscape on a large extent ecological disturbance: the northeastern North American ice storm of 1998 [J]. *Landscape Ecology*, 2004, 19: 99~111
- [23] Stueve K M, Lafon C W, Isaacs R E. Spatial patterns of ice storm disturbance on a forested landscape in the Appalachian Mountains, Virginia [J]. *Area*, 2007, 39(1): 20~30
- [24] Nykänen M L, Peltola H, Quine C, *et al*. Factors affecting snow damage of trees with particular reference to European conditions [J]. *Silva Fennica*, 1997, 31: 193~213

Analysis of Forest Damages Caused by the Snow and Ice Chaos in Transect of Southern China in 2008 Spring

SHAO Quanyin, HUANG Lin, LIU Jiyuan, KUANG Wenhui, LI Jia

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS 11A, Amwai Datan Rd., Beijing 100101, China)

Abstract An abrupt ice and snow storm disaster occurred in the spring of 2008 severely destroyed forests over a surprisingly large portion of southern China. Transect of Jinggang Mountain – Jitai Basin – Yushan Mountain – Wuyi Mountain was selected as the study area. The authors integrated two ice field surveys and collection data to analyze the impacts of the disturbance on forests. The results showed that (1) the damage degree of plantations in transect presented as Slash pine > Masson pine > mixed plantation > Chinese fir. Slash pine is an introduced species from southern American which characterized as fast growth, loose wood quality and rich oleoresin, and its damage percentage shows 61.3% in samples, in which 70.4% cannot recovery naturally. Masson pine is the native pioneer species of forestation with harder wood, and 52.5% were damaged due to turpentine, in which 60.9% cannot recovery naturally. The local tree species of Chinese fir shows 46% and 32.5% respectively which lower than mixed plantation. (2) From west to east of the transect, we can see that evergreen broad-leaved forest of western transect in Jinggang Mountain shows the light damage degree, and Cryptomeria plantation distributed at altitude of 700 m destroyed severely, and Chinese fir shows light damage below 700 m and relatively severe above 900 m; Masson pine and Slash pine of the central transect in Jitai Basin destroyed severely for turpentine activities, and closed natural secondary deciduous broad-leaved forest damage severe due to a lot of ice and snow accumulated on twining shrub. Masson pine aerial-seeding plantation below 400 m altitude of eastern transect in Xingguo and Ningdu County nearly undamaged for small tree size, and Chinese fir distributed among 500~900 m shows lighter damage degree. However, Masson pine distributed above 400 m which planted in 1960s destroyed severely due to turpentine.

Key words Ice-snow disaster; wood damage; forest transect; damage rate