

# 天宝岩国家级自然保护区长苞铁杉林倒木数量特征研究

王磊<sup>1</sup>, 游惠明<sup>1</sup>, 何东进<sup>1</sup>, 刘进山<sup>2</sup>, 肖石红<sup>1</sup>, 蔡昌棠<sup>2</sup>, 游巍兵<sup>1</sup>, 叶贤双<sup>1</sup>

5

(1. 福建农林大学林学院, 福州 350002;

2. 永安天宝岩国家级自然保护区, 福建 永安 366032)

**摘要:** 本文通过对天宝岩国家级自然保护区长苞铁杉林不同海拔不同腐烂等级倒木的径级结构、高度/长度分布以及材积分布特征等展开研究, 结果表明: (1) 天宝岩长苞铁杉林倒木主要由小径级木组成, 且随着海拔的升高, 呈现出先降低后上升的趋势, 中径级倒木所占比例呈现出先升高后降低的趋势, 而大径级倒木数量最少; (2) 倒木的高度/长度主要集中在1-6m, 随着高度/长度的增加, 各海拔高度的倒木所占比例均减小; (3) 不同腐烂等级倒木材积的变化趋势为Ⅲ>Ⅳ>Ⅱ>Ⅴ>Ⅰ; (4) 不同径级倒木材积的分布呈现中径级>大径级>小径级的趋势。

10

**关键词:** 数量特征; 天宝岩国家级自然保护区; 长苞铁杉林; 倒木; 变化规律

15

**中图分类号:** N91

## Quantitative characteristics of the logs of the *Tsuga longibracteata* forests in Tianbaoyan National Nature Reserve

20

WANG Lei<sup>1</sup>, YOU Huiming<sup>1</sup>, HE Dongjin<sup>1</sup>, LIU Jinshan<sup>2</sup>, XIAO Shihong<sup>1</sup>,  
CAI Changtang<sup>2</sup>, YOU Weibing<sup>1</sup>, YE Xianshuang<sup>1</sup>

(1. Fujian Agriculture And Forestry University, College of Forestry, FuZhou 350002;

2. Tianbaoyan National Nature Reserve, Fujian Yong'an 366032)

25

**Abstract:** The paper studied the dynamic changes of diameter distribution and decay class and height/length distribution and volume distribution. The results showed that: (1) The *Tsuga longibracteata* forests in Tianbaoyan National Nature Reserve was mainly composed of small-diameter logs which showed an upward trend in diameter after the first reduction with increasing altitude. While mid-diameter logs showed an downward trend in diameter after the first increasing with increasing altitude. And large-diameter logs is the least. (2) The height / length of logs mainly distributed at the range of 1-3m. And with the height / length increased, the proportion of logs in various altitude was reduced. (3) The study of volume of logs showed that the volume of logs first declined and then rose and finally fell with the increase of decay classes in order of Ⅲ>Ⅳ>Ⅱ>Ⅴ>Ⅰ, (4) With the increase of diameter, the volume of logs rose first and fell in order of mid-diameter>large-diameter>small-diameter.

30

35

**Keywords:** quantitative characteristics; Tianbaoyan National Nature Reserve; *Tsuga longibracteata* forests; logs; Variation

## 0 引言

40

粗死木质残体 (Coarse Woody Debris, 简称 CWD) 通常包括直径大于 2.5cm 的枯立木、倒地尚未分解和处于分解中的树干、大树枝及其树桩和粗根<sup>[1,2]</sup>。粗木质残体作为森林生态系统重要的结构性和功能性组成要素<sup>[3]</sup>, 它不但能为动物和微生物提供生境, 维持森林生物的多样性与森林生态结构的完整性<sup>[4-5]</sup>, 而且它作为森林土壤表层养分循环、能量流动、信

**基金项目:** 教育部博士学科点专项科研基金 (No.20103515110005); 国家自然科学基金 (No. 30870435); 福建省自然科学基金 (No. 2011J01071、08J0116)

**作者简介:** 王磊, (1988-), 男, 在读硕士研究生, 主要从事森林生态学研究。

**通信联系人:** 何东进, 教授, 博士生导师, 从事森林生态学和景观生态学研究。 E-mail: fjhjdj1009@126.com

息传递与价值转移的载体和纽带<sup>[6-7]</sup>,对维护森林生态功能的稳定性也有着不可忽视的贡献。因此,一定地区天然林的粗死木质残体(CWD)基础特征的研究是进一步研究森林生态系统物质循环和能量流动功能的重要基础,也是当前森林生态系统研究中的重要内容<sup>[8]</sup>。

近年来,有关粗死木质残体的研究越来越受到国内外学者的重视<sup>[9-13]</sup>。美国、加拿大、欧洲等一些国家很早就开始了这方面研究,并推动了粗死木质残体(CWD)研究的发展<sup>[14-16]</sup>。我国学者对粗死木质残体研究是在国际潮流的影响下开始于20世纪80年代,近几十年来,研究主要围绕数量特征、贮量、动态、分解、呼吸、碳库、空间分布及养分含量等方面<sup>[1,2,17-32]</sup>。另外,还有学者对CWD对干扰后生态系统影响进行研究<sup>[33-34]</sup>以及对城市建设的影响进行研究<sup>[35]</sup>。国内对粗死木质残体的研究主要见于天然林生态系统,而对人工生态系统中粗死木质残体的研究仅见于杉木林<sup>[36]</sup>。

福建省天宝岩的长苞铁杉林是典型的常绿针阔混交林,是我国特有珍稀古老的第3纪孑遗植物。目前对其的研究主要集中于区系、外貌、生物学特性、一般群落结构及林隙等方面<sup>[37-41]</sup>,已有研究显示长苞铁杉林下天然更新困难,考虑到CWD能够为森林更新提供苗床,且天宝岩长苞铁杉林中的CWD主要以倒木为主<sup>[42]</sup>,因此,本文拟在前期研究<sup>[42]</sup>的基础上,细化海拔梯度,通过对倒木径级分布规律、腐烂等级分布、高度/长度分布以及材积分布等方面特征的研究,深入了解森林的动态演替规律,为开展倒木上幼苗更新提供基础环境依据,也为科学管理天然长苞铁杉林以及有效保护天宝岩国家级自然保护区森林生态系统提供科学指导。

## 1 研究地概况

天宝岩国家级自然保护区位于福建省永安市东部的西洋、上坪、青水3个乡(镇)交界处,东经117°28'03"-117°35'28",北纬25°50'51"N-26°01'20",面积11015.38hm<sup>2</sup>,保护区核心距离永安市36km。1988年12月为福建省级自然保护区,2003年6月份经国务院批准晋升为国家级自然保护区。天宝岩国家级自然保护区为戴云山余脉,最高处海拔1604.6m,最低处海拔580m,中、低山地貌,属中亚热带海洋性季风气候区,年平均气温15℃,1月份平均气温5℃,7月份平均气温23℃,极端高温40℃,极端低温-11℃,≥10℃的活动积温4500-5800℃,无霜期290d,年平均降水量2039mm,多集中于5-9月份,年平均相对湿度80以上。该保护区四季分明,气候温暖湿润,光、热、水条件优越。保护区露出地层的有泥盆纪和侏罗纪的沉积岩,以及深层侵入的花岗岩。地带性土壤为花岗岩和砂岩风化发育成的红壤,分布于海拔800m以下,海拔800-1350m为山地黄红壤,海拔1350m以上为山地黄壤,局部山间盆地发育了泥炭土。大部分地区土层较薄,但长苞铁杉林分布地段上的土层较厚,达1m以上,其腐殖质层厚约20cm,地表枯枝落叶层厚5-20cm,表土质地为壤土,呈酸性。长苞铁杉林是我国亚热带地区典型的扁平叶型的常绿针叶林之一,在我国以南岭山地和戴云山为主要分布区,形态非常特殊,长苞铁杉在天宝岩保护区内分布面积186.7hm<sup>2</sup>,原生性纯林20hm<sup>2</sup>,根据现有资料,保护区内长苞铁杉的规模和群落的完整性为我国之最<sup>[43]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置及样品采集

选取不同海拔的长苞铁杉林,按照不同海拔梯度分别设置7块20m×30m样地,做为固定样地以备之后做阶段性复查,采用5m×5m相邻格子法进行调查,对样地内所有直径

≥2.5cm, 长≥1.0m 的倒木进行每木调查, 记上序号, 并钉铝制树牌进行编号并逐株登记其高度、胸径、大头直径、小头直径以及中央直径。按照文献<sup>[9]</sup>将倒木等级划分为 5 级, 分别用 I、II、III、IV、V 表示, 确定倒木不同腐烂等级的标准木, 并按分层取样法, 从标准木树干的上、中、下部的中央地段分别截取一定体积的样品, 现场称重后带回实验室分析测定。

## 85 2.2 数据处理

用 Excel 2003 进行数据处理, 统计倒木的径级、腐烂等级和高度/长度所占比例以及不同海拔、不同径级、不同腐烂等级的倒木材积。

倒木材积 (蓄积量) 的计算根据 Darrin 等<sup>[27]</sup>的计算公式如下:

$$V = [\pi h (R_1^2 + R_1 R_2 + R_2^2)] / 3$$

90 其中:  $R_1$  为大头半径,  $R_2$  为小头半径,  $h$  为高度。

## 3 结果与分析

### 3.1 数据处理倒木的径级结构

倒木径级结构是指各类型倒木的株数及其在不同胸径死亡木中所占的比例。在野外实地调查中, 有些倒木腐烂严重或深陷入土导致其胸径数据无法测定, 用“无”表示。所调查的天宝岩长苞铁杉林不同海拔的倒木, 以 10cm 为一径级统计各径级内的数量所占比例, 从而确定径级结构。以 10cm 为径阶将不同海拔的倒木划分为 0~10cm、10~20cm 和 ≥20cm (上限排除法) 3 级, 并将其分别称为小径级木、中径级木和大径级木。

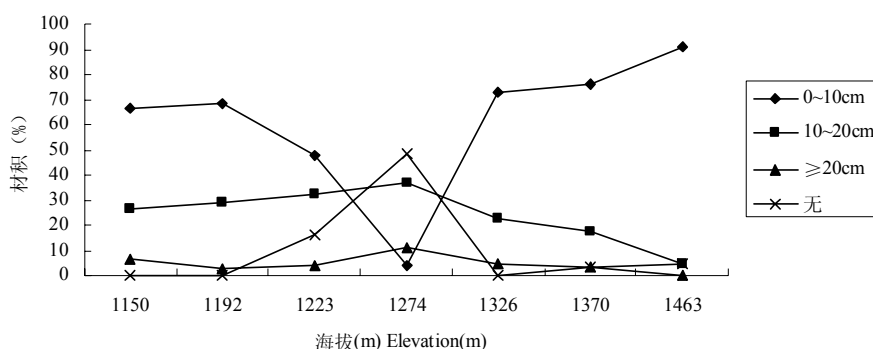


图1 不同海拔倒木的径级分布

100 Fig.1 The diameter distribution of the Logs in *Tsuga longibracteata* forests in different elevation

天宝岩不同海拔长苞铁杉林倒木主要是由小径级木 (胸径 0~10cm) 组成 (图 1), 且 0~10cm 径级倒木所占比例随着海拔的升高, 总体上呈现出先降低后上升的趋势, 在 1274m 处出现低谷。10~20cm 径级及 ≥20cm 径级倒木所占比例随着海拔的升高, 呈现出先升高后降低的趋势, 在 1274m 处出现一个峰值。另外, 中海拔 1274m 和 1223m 处无径级分布的倒木数量较多, 也占一定的比例, 说明此处大多数倒木腐烂程度较高, 以致分辨不出其径级, 可能是由于保护区建立前该处受过人为砍伐干扰较为严重, 保护区建立后人迹罕至的原因所致。

### 110 3.2 倒木的高度/长度分布

表1 不同海拔倒木的高度/长度分布  
Tab.1 The distribution of Height or Length of Logs in *Tsuga longibracteata* forests in diferent elevation

海拔 (m)	高度分布范围比例/%			
	1~3m	3~6m	6~9m	≥9m
1150	56	38	6	0
1192	55	36	6	3
1223	53	30	4	13
1274	79	12	9	0
1326	67	26	0	7
1370	60	27	3	10
1463	89	11	0	0

不同海拔高度的倒木高度/长度分布见表 1。各个海拔长苞铁杉林倒木的高度主要分布在 1~6m，该高度级倒木在高度分布中的比例占 83%以上；随着海拔的升高，长苞铁杉林的高度分布在 1~3m 的所占比例逐渐升高，在 3~6m 有逐渐减少的趋势。长苞铁杉林倒木高度分布比例不仅随着海拔的变化而变化，并且在同一海拔，倒木的高度所占的比例也不尽相同，大致服从（1~3m）径阶>（3~6m）径阶>（>6m）径阶。

3.3 倒木的材积分布

3.3.1 不同腐烂等级倒木材积的海拔分布

图 2 是不同腐烂等级倒木材积的海拔分布图。各腐烂等级在不同海拔的分布不一致，海拔 1192m 处腐烂等级为III的倒木材积最大。随着海拔的升高，腐烂等级为 I 和III的倒木材积总体都呈现出先升高后减小的趋势，其余腐烂等级变化规律不明显。低海拔 1150m 和高海拔 1463m 处的材积总量最小，这是由于此两海拔高度处人迹罕至，人为干扰少，材积总量也就较少，同时腐烂等级为 I 和 V 的倒木材积分布相对其他腐烂等级都相对较少，都接近于 0 m<sup>3</sup> /hm<sup>2</sup>。但总体上，天宝岩长苞铁杉林不同腐烂等级倒木材积大小顺序为III>IV>II>V> I。

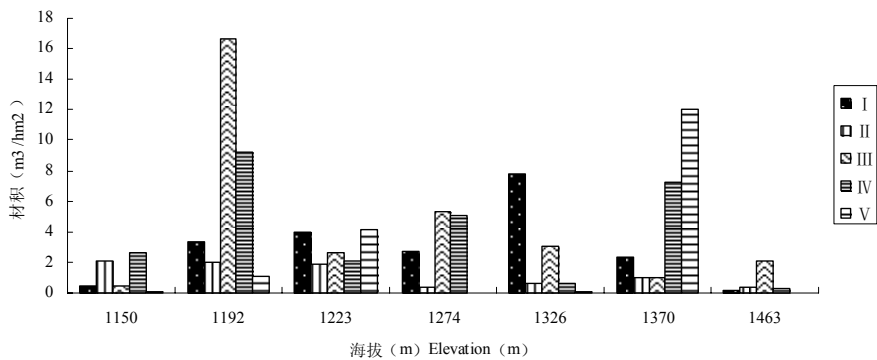


图 2 不同腐烂等级倒木材积的海拔分布  
Fig.2 Distribution of logs volume with different decay classes at various elevations  
注：I~V 为倒木腐烂等级

3.3.2 不同径级倒木材积的海拔分布

不同径级倒木材积在不同的海拔分布特征不同（图 3）。随着海拔的升高，倒木材积呈现出先升高后下降的趋势，海拔 1192m 处的各径级分布的倒木材积均最大，这与上文不同海拔腐烂等级倒木材积变化结果相似，这可能是由于此处存在人为经营的毛竹林，人为破坏较为严重，使得各径级倒木数量都增加，材积也升高。低海拔 1150m、中海拔 1223m、高海拔 1463m 处倒木材积随着其径级分布的升高而降低，且径级为≥20cm 的倒木材积都较小，

140 几乎为  $0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。总体上, 天宝岩长苞铁杉林倒木径级为 10~20cm 的材积最大, 随着倒木径级变化, 材积大小顺序为: 中径级>大径级 >小径级。

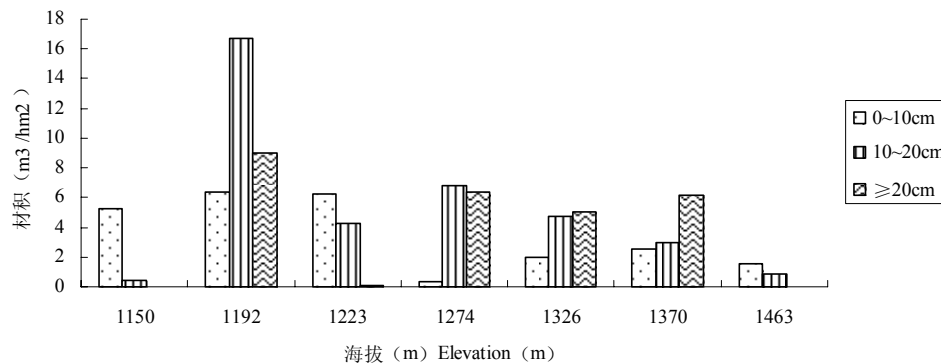


图 3 不同径级倒木材积的海拔分布

Fig.3 Distribution of Logs volume with various DHB in different elevations

145 由以上的分析可知, 倒木的材积随着海拔、腐烂等级以及径级变化而变化, 由于海拔 1150m 处样地与其他海拔样地不在同一座山地, 扣除考虑该样地, 其余样地的倒木材积总体上随着海拔的升高而减少, 即材积的大小顺序为: 1192m> 1370m > 1223m > 1274m > 1326m>1463m。倒木的材积受人为干扰的影响较为明显, 低海拔 1150m 和高海拔 1463m  
150 两处由于人为干扰, 各腐烂等级和各径级分布的倒木材积都较小, 而海拔 1192m 处由于长期受到人为破坏, 倒木材积则偏高。

## 4 结果与讨论

本研究显示天宝岩不同海拔长苞铁杉林倒木主要是由小径级木 (直径 0~10cm) 组成, 而且直径分布所占比例随着海拔的升高, 呈现出先降低后上升的趋势, 与游惠明等<sup>[42]</sup>研究  
155 倒木数量随着径级增加呈下降趋势结果相同; 谷会岩等<sup>[44]</sup>对天然兴安落叶松林研究的粗死木质残体大部分径级在 20~40cm, 干扰林径级在 10~30cm, 这可能是由于干扰程度不一样; 何帆等<sup>[45]</sup>对天然油松林研究的倒木以 10~20cm 径级为主和对天然锐齿栎的倒木研究以 ≥20cm 为主, 可能是由于林地不同径级木主要组成不一样。

随着海拔的升高, 倒木材积呈现出先升高后下降的趋势, 与杨丽韞等<sup>[17]</sup>研究得出倒木的蓄积量随海拔升高而升高的结果不一致, 这可能与树种混交的程度和林分受到的干扰程度  
160 有一定关系; 此外, 随着海拔的升高, 倒木材积呈现出先升高后下降的趋势, 这与郑关关<sup>[2]</sup>的研究结果一致, 都是在一定的高度受到人为干扰对倒木的材积量产生了影响。柳泽鑫等<sup>[46]</sup>在粤北常绿阔叶林也对倒木进行了研究, 研究结果表明倒木的材积为  $17.58 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , Davis 等<sup>[47]</sup>在美国南卡罗来纳金松林对倒木材积研究是  $59.4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 金光泽等<sup>[48]</sup>在小兴安岭冷  
165 杉林对倒木材积研究是  $96.25 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 刘翠玲等<sup>[20]</sup>在鳞毛蕨天山云杉林对倒木材积研究是  $337.61 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 对比这些研究发现, 随着纬度的升高, 倒木材积呈现增大的趋势, 而本研究的倒木材积为  $87.4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 符合这一规律。

导致倒木腐烂数量分布差异的原因众多, 不同的坡度、坡位、坡向, 人为干扰、自然干扰, 温度、湿度, 病虫害等这些都会影响到倒木腐烂数量的不同, 本研究显示倒木的数量最  
170 多分布在 II、III 腐烂等级上, 与刘妍研等<sup>[22]</sup>对小兴安岭阔叶红松林倒木的研究结果在 II、III 等级上一致。而赵鹏武等<sup>[49]</sup>对兴安落叶松倒木研究发现倒木数量最多分布在 III、V 等级和对白桦倒木研究最多分布在 II、III、IV 等级, 贺旭东<sup>[50]</sup>对万木林常绿阔叶林的研究倒木



数量最多分布在III~IV等级, 王俊峰等<sup>[51]</sup>的对长白山云冷杉的研究倒木数量最多分布在III、IV、V, 这可能是与所受林分的干扰程度有关, 另外, 由于划分腐烂等级的分类系统的侧重点不同, 也使得研究者在判断倒木腐烂等级时得到的结果存在差异。

粗死木质残体(CWD)广泛存在于森林生态系统中, 是森林生态系统中重要的结构性和功能性的组成要素, 而且对维持森林生态系统生物多样性、稳定性以及生态系统的平衡起着重要作用。目前, 我国还处于对粗死木质残体研究的初级阶段, 对其各种功能的机制尚未完全弄清楚, 林内到底需要保留多少粗死木质残体才合适以及哪些是主要的影响因子等问题还需做进一步深入研究<sup>[10]</sup>。

### [参考文献] (References)

- [1] 李凌浩, 党高弟, 汪铁军, 等. 秦岭巴山冷杉林粗死木质残体研究[J]. 植物生态学报, 1998, 22 (5): 434~440.
- [2] 郑关关. 灵石山常绿次生林木质残体的组成、碳储量及其分解[D]. 福建农林大学, 2009: 1~66.
- [3] 侯平, 潘存德. 森林生态系统中的粗死木质残体及其功能[J]. 应用生态学报, 2001, 12 (2): 309~314.
- [4] Storry K A, Weldrick C K, Mews M, et al. Intertidal coarse woody debris A spatial subsidy as shelter or feeding habitat for gastropods, Estuarine[J]. Coastal and Shelf Science, 2006, 66: 197~203.
- [5] Hood I A, Beets P N, Kimberley M O, et al. Colonisation of podocarp coarse woody debris by decomposer basidiomycete fungi in an indigenous forest in the central North Island of New Zealand[J]. Forest Ecology and Management, 2004, 196: 311~325.
- [6] Kappes H, Catalano C, Topp W. Coarse woody debris ameliorates chemical and biotic soil parameters of acidified broad-leaved forests[J]. Applied Soil Ecology, 2007, 36: 190-198.
- [7] Gough CM, Vogel C S Kazanski C, et al. Coarse woody debris and the carbon balance of a north temperate forest[J]. Forest Ecology and Management, 2007, 244: 60~67.
- [8] 李凌浩, 王其兵, 邢雪荣. 森林生态系统研究中几个重要方面的进展[J]. 植物学通报, 1998, 15 (1): 17~26.
- [9] 闫恩荣, 王希华, 黄建军. 森林粗死木质残体的概念及其分类[J]. 生态学报, 2005, 25 (1): 158~167.
- [10] 何东进, 何小娟, 洪伟, 等. 森林生态系统粗死木质残体的研究进展[J]. 林业科学研究, 2009, 22 (5): 715~721.
- [11] 唐旭利, 周国逸, 周霞. 鼎湖山季风常绿阔叶林粗死木质残体的研究[J]. 植物生态学报, 2003, 27 (4): 484~489.
- [12] 唐旭利, 周国逸. 南亚热带典型森林演替类型粗死木质残体贮量及其对碳循环的潜在影响[J]. 植物生态学报, 2005, 29 (4): 559~568.
- [13] 罗大庆, 郭泉水, 黄界, 等. 西藏季拉原始冷杉林死亡木特征研究[J]. 生态学报, 2004, 24 (3): 635~639.
- [14] Vasilias R, Lygis V, Larsson K H, et al. Airborne fungal colonisation of coarse woody debris in North Temperate Picea forest: impact of season and local spatial scale[J]. Mycological Research, 2005, 109 (Pt 4): 487~496.
- [15] Grier C C. A Tsuga heterophylla. Picea Sitheensis ecosystem of coastal Oregon decomposition and nutrient balances of fallen logs[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1978, (8): 198~206.
- [16] Harmon ME, Franklin J F, Swanson F J, et al. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems[J]. Advances in Ecology Research, 1986, 15: 133~302.
- [17] 杨丽韞, 代力民, 张扬健. 长白山北坡暗针叶林倒木贮量和分解的研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13 (9): 1069~1071.
- [18] 杨丽韞, 代力民. 长白山北坡苔藓红松暗针叶林倒木分解及其养分含量[J]. 生态学报, 2002, 22 (2): 185~189.
- [19] 张修玉, 管东生, 张海东. 广州三种森林粗死木质残体(CWD)的储量与分解特征[J]. 生态学报, 2009, 10 (10): 5227~5236.
- [20] 刘翠玲, 潘存德, 梁瀛. 鳞毛蕨天山云杉林粗死木质残体贮量及其分解动态[J]. 干旱区地理, 2009, 32 (2): 175~182.
- [21] 金光泽, 刘志理, 蔡慧颖, 等. 小兴安岭谷地云冷杉林粗木质残体的研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24 (7): 1256~1266.
- [22] 刘妍妍, 金光泽. 小兴安岭阔叶红松林粗木质残体空间分布的点格局分析[J]. 生态学报, 2010, 30 (22): 6072~6081.
- [23] 王蕾, 张春雨, 赵秀海. 长白山阔叶红松林的空间分布格局[J]. 林业科学, 2009, 45 (5): 54~59.

- [24] 代力民, 徐振邦, 陈华. 阔叶红松林倒木贮量的变化规律[J]. 生态学报, 2000, 20 (3): 412~416.
- [25] 陈华, 徐振邦. 长白山红松阔叶混交林倒木站杆树种组成和储量的调查[J]. 生态学杂志, 1992, 11 (1): 17~12.
- 230 [26] 班勇, 徐化成, 李湛东. 兴安落叶松老龄林落叶松林木死亡格局以及倒木对更新的影响[J]. 应用生态学报, 1997, 8 (5): 449~454.
- [27] 温琳华, 梁宏温, 温远光, 等. 大明山常绿阔叶林粗死木质残体贮量的初步研究[J], 广西林业科学, 2010, 4 (4), 197-200.
- [28] 刘文耀, 谢寿昌, 谢克金, 等. 哀牢山常绿阔叶林中凋落物和粗死木质残体的初步研[J]. 植物学报: 英文版, 1995, 37 (10): 807~814.
- 235 [29] 宋泽伟, 唐建维. 西双版纳热带季节雨林的粗死木质残体及其养分元素[J]. 生态学杂志, 2008, 12: 2033~2041.
- [30] 杨方方, 李跃林, 刘兴诏. 鼎湖山木荷粗死木质残体的分解研究[J]. 山地学报, 2009, 4 (7): 442~448.
- [31] 何帆, 王得祥, 张宋智, 等. 小陇山林区主要森林群落凋落物及死木质残体储量[J]. 应用与环境生物学报, 2011, 17 (1): 046~050.
- 240 [32] 李凌浩, 邢雪荣, 黄大明, 等. 武夷山甜槠林粗死木质残体的贮量、动态及其功能评述[J]. 植物生态学报, 1996, 20 (2): 132-143.
- [33] 王文娟, 常禹, 刘志华, 等. 大兴安岭呼中林区火烧迹地粗木质残体特征[J]. 应用生态学报, 2009, 20 (8): 1805-1810.
- 245 [34] 刘会峰, 陈冰, 周翠鸣, 等. 2 种火烧强度对大兴安岭偃松落叶松林粗木质残体的影响[J]. 林业资源理, 2011, 1 (2): 72-77.
- [35] 严晓. 粗死木质残体在城市绿化中的应用[J]. 安徽农业科学, 2010, 13 (5): 7090-7092.
- [36] 黄志群, 徐志红, SueB, 等. 连栽杉木林中树桩分解过程中的化学组分变化趋势[J]. 科学通报, 2005, 50 (21): 2365-2369.
- 250 [37] 游惠明, 何东进, 刘进山, 等. 天宝岩 3 种典型森林类型 CWD 持水能力的比较[J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18 (6): 621-626.
- [38] 林植. 福建天宝岩自然保护区植物资源的现状与保护对策[J]. 亚热带农业研究, 2007, 3 (1): 77-80.
- [39] 林勇明, 吴承祯, 洪伟, 等. 珍稀濒危植物长苞铁杉群落的植物生活型及叶特征分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12 (6): 552~556.
- 255 [40] 林琴琴, 吴承祯, 洪伟, 等. 珍稀濒危植物长苞铁杉林物种多样性的梯度效应研究[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27 (5): 713~718.
- [41] 钱莲文, 吴承祯, 洪伟, 等. 长苞铁杉林林隙自然干扰规律[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10 (6): 718~723.
- [42] 游惠明, 何东进, 洪伟, 等. 海拔对天宝岩长苞铁杉林粗死木质残体分布的影响[J]. 福建农林大学学报, 2011, 40 (4): 365-369.
- 260 [43] 何东进, 何小娟, 洪伟, 等. 天宝岩猴头杜鹃林粗死木质残体数量特征[J]. 福建林学院学报, 2008, 28 (4): 293-298.
- [44] 谷会岩, 金靖博, 陈祥伟, 等. 人为干扰对大兴安岭北坡兴安落叶松林粗死木质残体的影响[J]. 应用生态学报. 2009, 20 (2): 265-270.
- 265 [45] 何帆, 王得祥, 张宋智, 等. 小陇山林区主要森林群落凋落物及死木残质体储量[J]. 应用与环境生物学报. 2011, 17 (1): 46-50.
- [46] 柳泽鑫, 张璐, 区余瑞, 等. 冰灾后粤北常绿阔叶林粗死木质残体的组成与结构[J]. 西南林业大学学报, 2011, 31 (4): 18-23.
- [47] Davis J C, Castleberry S B, Kilgo J C. Influence of coarse woody debris on herpetofaunal communities in upland pine stands of the southeastern Coastal Plain. Forest Ecology and Management, 2010, 259: 1111 - 1117.
- 270 [48] 金光泽, 刘志理, 蔡慧颖, 等. 小兴安岭谷地冷杉木粗木质残体的研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24 (7), 1256-1266
- [49] 赵鹏武, 海龙, 宋彩铃, 等. 大兴安岭北部兴安落叶松原始林倒木研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24 (3): 173-177.
- 275 [50] 贺旭东, 杨智杰, 郭剑芬, 等. 万木林自然保护区常绿阔叶林木质残体贮量及其组成[J]. 亚热带资源与环境学报, 2010, 5 (2): 46-52.
- [51] 王俊峰, 郑小贤, 王铁牛, 等. 长白山云冷杉倒木贮量及倒木对更新的影响[J]. 华北农业学报, 2004, 19 (s1): 45-49