

气候变化对林业生物灾害影响及 适应对策研究

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON FOREST PEST
DISASTERS IN CHINA AND ITS ADAPTIVE COUNTERMEASURES

国家林业局森林病虫害防治总站 编著

中国林业出版社

国家林业公益性行业科研专项项目（编号：200804023）

气候变化对林业生物灾害影响及 适应对策研究

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON
FOREST PEST DISASTERS IN CHINA AND ITS
ADAPTIVE COUNTERMEASURES

国家林业局森林病虫害防治总站 编著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究 / 国家林业局森林病虫害防治总站编著.

—北京: 中国林业出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-5038-6827-6

I. ①气… II. ①国… III. ①气候变化—影响—森林—病虫害—研究 IV. ①S763

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 263955 号

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

E-mail cfphz@public.bta.net.cn **电话** (010)83224477

网址 www.cfph.com.cn

发行 新华书店北京发行所

印刷 沈阳天择彩色广告印刷有限公司

版次 2012 年 11 月第 1 版

印次 2012 年 11 月第 1 次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 30.25

字数 736 千字

印数 1000 册

目 录

前 言

第一篇 总述

- 01 “气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究”课题工作报告…………… (2)
- 02 “气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究”课题技术报告 …………… (11)
- 03 气候变化对我国林业生物灾害发生影响概述 …………… (59)

第二篇 气候变化对林业生物灾害的影响

- 04 气象因子对林业生物灾害的影响 …………… (70)
- 05 气候变化和亚热带北界北移对森林有害生物发生的影响 …………… (75)
- 06 气候因子对马尾松毛虫灾害发生的作用机理研究 …………… (89)
- 07 模拟大气 CO₂ 浓度升高对植物—昆虫关系的影响 …………… (100)
- 08 倒春寒对杨树烂皮病的影响研究 …………… (120)
- 09 高温干旱对西南地区主要林业有害生物发生影响研究 …………… (131)
- 10 雨雪冰冻对主要林业有害生物发生影响研究 …………… (144)
- 11 气温变化对安徽省马尾松毛虫发生时空影响 …………… (157)
- 12 气候变化对重庆马尾松毛虫和鞭角华扁叶蜂发生危害的影响 …………… (165)
- 13 气候变化对四川蜀柏毒蛾发生情况与历史气温变化关系影响研究 …………… (170)
- 14 气候变化对四川省紫茎泽兰发生影响研究 …………… (189)
- 15 气候变化对陕西省主要林业有害生物影响研究 …………… (196)
- 16 气候变化对河北省小五台山自然保护区林业有害生物发生的影响研究 …… (203)
- 17 气候变化对河北省塞罕坝机械林场林业有害生物发生影响研究 …………… (211)
- 18 气候变暖背景下松墨天牛和松材线虫适生区研究 …………… (219)

第三篇 林业生物灾害预警与对策

19	我国林业生物灾害发生现状与趋势	(226)
20	林业生物灾害预警理论及方法	(248)
21	气候变化背景下我国林业生物灾害损失评估	(262)
22	林业有害生物预警等级指标研究	(291)
23	林业生物灾害气象预警指标体系	(296)
24	林业生物灾害气象预警风险区划	(312)
25	黑龙江省落叶松毛虫预报模型	(329)
26	马尾松毛虫防治关键期与防治历研究	(346)
27	黄缘阿扁叶蜂自然种群生命表与防治历研究	(352)
28	林业生物灾害预警及信息发布软件工具	(356)
29	应对气候变化的林业生物灾害防控技术措施	(372)
30	应对气候变化的林业生物灾害防控公共政策	(412)
31	气候变化对油茶生产中林业有害生物的影响	(422)
32	环京津林业有害生物发生趋势变化与预测	(430)

附 录

1.	项目发表论文目录	(440)
2.	国家林业公益性行业科研专项项目验收证书	(442)

第一篇

总 述

- 01 “气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究”课题工作报告
- 02 “气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究”课题技术报告
- 03 气候变化对我国林业生物灾害发生影响概述

01 “气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究” 课题工作报告

为深入研究气候变化下林业生物灾害发生发展规律，有效遏制我国林业生物灾害对森林资源的侵蚀，减少因林业有害生物造成碳排放，切实保障我国森林资源，维护生态安全，国家林业局将“气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究”纳入2008年度林业公益性行业科研专项项目（项目编号200804023），由国家林业局森林病虫害防治总站承担，并经科技部、财政部评审，于2008年9月正式批复并签订了任务书。

1.1 项目执行情况

项目启动后，国家林业局森防总站迅速组织力量，联合中国气象局国家气象中心、中国科学院沈阳应用生态研究所、东北林业大学、北京林业大学、中国政法大学等6家科研院校，黑龙江、河南、陕西、西藏、重庆、四川6家省级森防站以及安徽省潜山县森防站、河北小五台山自然保护区、河北塞罕坝机械化林场3家基层生产单位，设立了3处试验基地，组建了产、学、研相结合、跨行业优势资源整合的一流研究团队。项目组汇集了国内林业有害生物防治、气候变化和宏观政策研究等方面的顶级专家，涵盖了科研、教学和生产单位，形成了强大的科研攻关能力。试验场地所处地域及野外观测调查区域基本覆盖了我国具代表性气候带、重点林业建设工程区和重点生态区位，为课题顺利开展并实现预计目标奠定了坚实基础。期间多次召开协调会议，促进各专题顺利开展研究工作。

2008年初，基于项目总体任务框架，课题组对课题总体及各专题实施方案进行了细化，设立了气候变化与林业生物灾害的关系、气候变暖对林业有害生物的影响、异常气候事件对林业有害生物的影响、气候变化对林业生物灾害损失评估、主要林业生物灾害预警技术研究、适应对策研究等6个专题，研究内容涵盖了项目任务确立的5大任务目标和5大需要解决的问题。每个专题既独立而又交叉，既有专门的队伍组织开展各个专题科研攻关，又有项目办公室负责专题间的配合协调。各专题设置既考虑了任务完成的可行性，又考虑了课题的创新性，既有大专院校和科研单位的研究人员，又有来自生产第一线的森防工作者。目前，项目已经完成了所有研究任务，实现了预期目标。

1.2 项目主要研究成果

项目组通过3年的努力，科学分析了气候变化对我国林业有害生物发生发展的影响，建立了林业生物灾害预测模型，研发了灾害预测与信息发布的软件工具，对我国主要林业有害生物分别作出了中长期趋势预测，科学研制了我国林业生物灾害预警等级指标，建立了重大林

业生物灾害发生发展中短期和中长期气象气候预测预报指标体系,以杨树烂皮病和松毛虫为例区划了林业生物灾害气象等级指标并建立了气象等级预报模型,研究区划了松墨天牛、松毛虫、松材线虫气象风险区,并对其风险进行分析和预估,同时还对气候变化背景下我国林业生物灾害损失进行了科学评估。在此基础上,进一步提出了林业有害生物防治工作应对气候变化的对策和措施。项目组出版研究专著 1 部,公开发表科技论文 20 余篇,培养硕士研究生 6 名,博士研究生 2 名。至此,圆满完成了项目合同的目标任务,一些专题研究在深度和广度上还超出了项目合同的内容。

1.2.1 研究了气候变化对我国林业生物灾害的影响规律

1.2.1.1 研究了暖冬、倒春寒、高温干旱、雨雪冰冻等灾害性天气与极端天气气候事件对林业生物灾害发生发展的影响

通过研究 1961 年到 2001 年的历史资料表明,冬季温度偏高的年份,病虫害发生严重,其线性相关关系达到 0.6684,极为显著。全国林业生物灾害发生总面积与冬季平均温度追随作用明显,模糊贴近度达到 0.6607。倒春寒发生程度与杨树烂皮病年发生总面积呈正相关,相关系数 $R = 0.624$ ($P < 0.05$),倒春寒发生越严重的年份,相应的杨树烂皮病发病面积越大。倒春寒发生程度与杨树烂皮病不同发病程度比率间的相关性分析表明,倒春寒发生程度与轻度病害所占比率呈负相关,相关系数 $R = -0.903$ ($P < 0.01$),与中、重度病害所占比率呈正相关,相关系数 R 分别为 0.750 ($P < 0.01$)、0.962 ($P < 0.01$),高温干旱与四川、重庆蜀柏毒蛾发生面积相关关系明显 ($P < 0.05$, $P < 0.01$)。春旱、夏旱会引起松毛虫发生世代数增加,发育期提前或越冬期缩短,短期内有利于种群生长,秋冬春连旱会降低越冬基数和第一代幼虫的数量。干旱对松材线虫病和小蠹虫的发生情况有一定的影响,高温干旱灾害导致树势衰弱,为松材线虫的传媒松墨天牛和纵坑切梢小蠹提供了适宜的发生条件。雨雪冰冻后松墨天牛发生面积呈暴发式增长,且为中等偏重发生程度。雨雪冰冻对板栗疫病发生面积和范围影响不大,但加重了该病的发病程度;对马尾松毛虫灾害发生有明显的抑制作用,发生面积急剧下降,危害程度有所减轻;对湿地松粉蚧发生有短期促进作用,但总体影响不大。

1.2.1.2 研究了温度、降水、温湿综合因子等气象因子对林业有害生物区系、生物学特性、发生规律、成灾特点的影响

温度变化导致我国森林植物分布区系水平方向将向北迁移,垂直方向将向高海拔变迁,各种森林植被带界限会向北推移 2~4 个纬度 (100~300km),垂直高度向上移动 150~300m,亚热带的北界将由现在的秦岭—淮河一线推进至黄河流域。温度变化导致昆虫区系分布正在向北变迁。气候变暖,有效积温增加,森林植物物候提前,使得林业有害生物发生期相应提前,世代数相应增加,蚜虫类、螨类、毒蛾类、小蠹虫类在气温升高 1~5℃ 区的繁殖世代数将可能增加 1~4 代,卷蛾类在气温升高 2~5℃ 区、舟蛾类与蚧类在气温升高 3~5℃ 区、舞毒蛾与美国白蛾和松毛虫类在气温升高 4~5℃ 区可能增加 1 代,部分天牛类及吉丁虫类在气温升高 3~5℃ 区的世代发育数也将受到影响。年均气温是影响林业有害生物发生的一个主导因子,其线性回归系数 $R = 0.5516$ (> 0.393 , $\alpha = 0.01$),表现出极为显著的相关水平。林业有害生物年平均发生面积与年平均温度变化曲线的模糊贴近度达到 0.6187。

温度和光照对马尾松毛虫卵发育产生了较大的影响：温度上升至 30℃ 时孵化率显著下降，马尾松毛虫卵的发育历期则随着培养温度的上升呈缩短趋势，不同温度条件下发育历期差异达极显著水平；日照处理对马尾松毛虫卵的孵化率没有显著的影响，但随着日照处理时间的延长，发育历期呈缩短趋势，且差异达显著水平。湿度与昆虫的行为、生长发育、繁殖、寿命密切相关。好湿性害虫要求湿度偏高（相对湿度 $\geq 70\%$ ），随着相对湿度的增加，其死亡率降低，生育力增高，发育速度加快，寿命延长。好干性害虫要求湿度偏低，在此相对湿度下，其生育力最高，发育速度最快，死亡率最低。若增加或减少相对湿度，偏离其最适条件，就会使它的生育力降低，发育变慢，死亡率增加。降水和雨量是影响害虫数量变动的主要因素。降雨有利于大多数病菌的繁殖和扩散，绝大多数真菌孢子在植株叶面有液态水中存在时产生量和萌发率显著提高。而大雨、暴雨常使一些昆虫的卵、幼虫，甚至成虫受到强烈的机械伤害和水浸而致死，造成虫口数量急剧下降，危害减轻。

1.2.1.3 专题研究了 CO₂ 浓度升高及其导致的植物品质变化对舞毒蛾幼虫取食、生长发育等的影响

结果显示：CO₂ 浓度升高对受试树种叶片中的营养成分及次生代谢物含量均有显著影响，表现为氮含量降低，而碳氮比、非结构性碳水化合物、总酚和缩合丹宁含量增加。不同树种，甚至同一树种不同冠层高度的叶片对 CO₂ 浓度升高的响应强度不同。但叶片的比叶重和干物质含量对 CO₂ 浓度升高的响应不显著。非选择取食和选择性取食实验条件下，均发现 CO₂ 浓度条件导致的叶片品质变化对舞毒蛾幼虫的生长发育有显著抑制效应，表现为生长率下降、发育时间延长和蛹重减轻等。但总体而言，CO₂ 浓度升高导致的叶片品质变化并未显著影响幼虫的取食率、取食量和取食偏嗜性。

1.2.1.4 分别选择了 8 个地区或虫种，研究了气候变化对某一区域某一单项有害生物发生发展的影响

为进一步深入研究气候变化对林业生物灾害的影响，课题组在上述综合研究的基础上，通过广泛筛选，选择了以下 8 个专题做了进一步深入的典型性研究。一是气候变化对安徽省马尾松毛虫发生时空的影响。二是气候变化对陕西省主要林业有害生物发生的影响。三是气候变化对重庆市马尾松毛虫和鞭角华扁叶蜂发生的影响。四是气候变化对河北小五台山自然保护区林业有害生物发生的影响。五是气候变化对河北省塞罕坝林场林业有害生物发生的影响。六是气候变化对四川省蜀柏毒蛾发生的影响。七是气候变化对四川省紫茎泽兰发生的影响。八是气候变暖对松墨天牛发生趋势的影响。

1.2.2 建立了林业生物灾害气象预警指标体系

提出了中短期气象预警指标主要为温、湿、光、降水的气象因子。中长期气象预警指标主要为海洋温度和大气环流气象因子，其中大气环流包括副热带高压面积指数、强度指数等 74 项因子。课题组通过分析东北和华北地区分布较广的松毛虫、杨树烂皮病、杨树溃疡病发生面积与大气环流、海洋温度等气象因子间的关系，筛选出东北和华北区域林业有害生物中长期气候预警指标。通过对长江流域的重庆丰都县和湖北宜都市马尾松毛虫气象预警指标分析，筛选出主要气象预警短期指标为：冬季平均温度、冬季旬最低温度、3 月平均温度和 4~8 月份平均降水。

1.2.3 研究区划了林业生物灾害气象等级指标并建立了预报模型

为便于直观地利用气象因子对林业生物灾害发生发展做出预警判断,课题组提出并建立了4级林业生物灾害气象等级指标。一级(气象条件非常适宜该类有害生物发生发展)、二级(气象条件适宜该类有害生物发生发展)、三级(气象条件较不适宜该类有害生物发生发展)、四级(气象条件不适宜该类有害生物发生发展),并按照红色、橙色、黄色、蓝色确定有害生物的气象预警指标。通过研究,分别建立了华北地区、东北地区杨树烂皮病和东北地区松毛虫气象适宜指数预测模型,并对各自的气象适宜指数进行了4级量化。

1.2.4 建立了9类不同区域不同林业有害生物种类气象预警模型

课题组分别建立了黑龙江落叶松毛虫气象因子预警模型、东北和华北杨树烂皮病大气环流预报模型、东北和华北杨树溃疡病大气环流预报模型、东北和华北松毛虫预报模型、东北和华北杨树烂皮病海洋温度预报模型、东北和华北杨树溃疡病海洋温度预测模型、东北和华北松毛虫海洋温度预测模型、美国白蛾和杨扇舟蛾预报模型。

1.2.5 提出了林业生物灾害预警指标

课题组研究提出了林业生物灾害预警系统的框架,通过研究,选取预测的有害生物连片发生面积、可能造成的林木直接经济损失来确定林业有害生物预警等级。并将林业生物灾害划分为四级:I级(特别严重)、II级(严重)、III级(较重)和IV级(一般),依次用红色、橙色、黄色和蓝色表示。同时研究提出了美国白蛾、松毛虫、中华鼯鼠、光肩星天牛等主要种类4个等级的预警指标。

1.2.6 研究了主要林业生物灾害气象风险区域区划

课题组根据气候因子和林业有害生物发生发展之间的关系,对气候变化背景下林业生物灾害气象风险进行了分析和预估,分别区划了松墨天牛、松材线虫病和松毛虫在我国的潜在适生区,并对其进行了风险分析,对未来发展趋势进行了评估。

1.2.7 研制了林业生物灾害预测及信息发布软件工具

应用专题研究得出的数学模型实现对大区域林业生物灾害的趋势分析、应用GIS技术实现对林业生物灾害发生情况、趋势预测、预警信息的图文展示,按需要生成各类专题分析图并发布预警信息,实现了对林业有害生物发生数据管理、空间分布图制作、发生量预测、空间分析等的集成。

1.2.8 评估了气候变化背景下我国林业生物灾害损失

课题组对我国“十一五”期间(2006~2010年)林业有害生物造成的直接经济损失和森林生态服务价值损失进行评估。林业有害生物造成的年均直接经济损失245亿元,其中立木资源年均损失128亿元,非木质林产品年均损失117亿元。造成的我国森林生态服务价值年均损失856亿元,直接经济损失和年度生态服务价值损失总计为1101亿元。

1.2.9 预测了2011~2015年全国主要有害生物发生趋势

主要预测种类包括:松材线虫病、美国白蛾、森林鼠兔、松毛虫、松树钻蛀性害虫、松突圆蚧、杨树食叶害虫、杨树病害和杨树蛀干害虫等9种(类)主要有害生物。

1.2.10 提出了林业有害生物防治工作应对气候变化的对策和策略

在微观方面,课题组建立了节气及几种林业有害生物防治历,以指导开展防治工作。包

括：二十四节气与生物灾害防治历、潜山县板栗园生物灾害防治节气历、马尾松毛虫防治关键时期和防治历、黄缘阿扁叶蜂自然种群生命表与防治历。在宏观方面，课题组从政策法规、体系建设、资金投入、科研支撑等不同角度提出了应对气候变化林业生物灾害防控的公共策略，包括：将林业有害生物防控纳入营造林全过程管理、加强林业有害生物监测预报体系建设、强化外来有害生物风险管理、提升林业有害生物应急处置能力、加强林业有害生物防控应对气候变化的科技支撑等。同时，紧紧围绕我国生态建设和林业发展大局，针对天然林资源保护工程区、退耕还林工程区、沿海和长江流域等防护林体系建设工程区、京津风沙源治理和三北防护林体系建设工程区、速生丰产用材林地建设工程区、湿地系统保护与恢复和野生动植物保护及自然保护区建设工程区、油茶、核桃等木本粮油和特色经济林产业基地等林业重点工程区，以及黄山、张家界等风景名胜、京津冀、三峡库区、青藏高原等重点生态区位，在应对气候变化方面，分别提出了林业生物灾害防控对策。

课题研究设计的技术路线合理，研究方法正确，研究内容具有系统性、完整性、新颖性和实用性，研究取得的成果达到了国内同类研究的领先水平。

1.3 产生的效益

1.3.1 直接效益

1.3.1.1 指导宏观决策。指导林业生态建设部门在建设规划、布局和林业生物灾害预防措施选择；指导林业有害生物防治管理部门宏观决策。依据本研究得出的松材线虫病潜在分布区，国家林业局已把潜在分布区的各省纳入松材线虫病预防区，并代表国务院与相关省政府签订《防治和预防责任书》。建立的我国林业生物灾害损失测算方法已成为目前国家下达各省林业有害生物防治补助经费的主要依据。在分配各省年度防治经费时已连续多年按照此方法测算各省分配额度。成果中的2011—2015年林业有害生物发生趋势预测及提出的对策建议已成为林业生产管理部门决策的重要依据之一，其影响涉及生态建设过程中的造林树种选择、抚育管理等营造林全过程。

1.3.1.2 提升减灾能力。应用研究成果，科学研判林业生物灾害发生趋势，及时发布预报预警信息，服务林业生产和广大林农群众，实现早防早治。基层森防机构应用课题成果研判本地林业有害生物发生趋势，并据此发布了生产性预测预报。2012年各地据此发布生产性监测预报5700余份。建立的林业生物灾害4级预警指标已作为林业生物灾害预警信息发布的主要内容。目前国家林业局和中国气象局已应用此预警指标在央视发布了8期《林业有害生物预警信息》。

1.3.1.3 挽回直接经济损失。全国各级森防管理部门通过应用研究成果，指导开展预防工作，在林业有害生物发生面积总体呈上升趋势的背景下，实现了中度程度以上危害减轻的防灾减灾效果。据测算，2011年、2012年全国分别挽回直接经济损失5.65亿元和1.67亿元，挽回生态服务价值损失分别为79.64亿元、62.60亿元；2年平均年挽回直接经济损失3.66亿元，挽回生态服务价值损失71.30亿元。

项 目		2011 年	2012 年	年均
挽回直接经济损失	全国	56465. 17	16716. 59	36590. 88
	辽宁	7676. 82	8306. 61	7991. 72
挽回生态服务价值	全国	791371. 98	625992. 23	712962. 77
	辽宁	9777. 82	10493. 23	10135. 52

单位：万元

计算公式：
$$Ew = (\sum_n \frac{Sm}{Sn} - \frac{Sz}{S}) \times S \times En - M$$

其中：Ew 为挽回损失；Sm 为 2002 - 2010 各年中等程度以上发生面积；Sn 为 2002 - 2010 各年发生总面积；Sz 为当年中等程度以上发生面积；S 为当年发生总面积；En 为单位面积损失值，其中全国直接经济损失 En 为 2127. 15 元/hm²，生态价值损失 En 为 7432. 50 元/hm²，在辽宁 En 分别为 2880. 00 元/hm² 和 3497. 25 元/hm²；M 为防治投入成本。

1.3.2 间接效益

1.3.2.1 运用本研究成果指导气候变化背景下林业有害生物防治工作，对于实现到 2020 年我国森林面积和蓄积双增长的目标的实现、维护我国森林生态安全具有重要意义，其直接作用是减轻病虫害危害、减少森林面积和质量的负增长，间接效益等同于植树造林带来的森林面积和质量的正增长。

1.3.2.2 运用本研究成果指导气候变化背景下林业有害生物防治工作，对于巩固集体林权制度改革和促进农民增产增收具有重要意义。研究成果为基层各级森防机构准确预报林业有害生物发生发展趋势提供了有效的手段和方法，据此得出的预测预警信息及时有效地面向广大林农和社会发布，为林业经营者做好林业生物灾害预防赢得了时间、提供了指导。

1.3.2.3 运用本研究成果及时准确发布林业生物灾害监测预警信息，对于维护森林食品安全和环境安全具有重要意义。研究成果及时有效指导林业经营者抓住关键防治时期采取预防措施，减少了化学农药使用量，减轻了林业经营者经营成本，有效解决滥用化学农药导致农药残留、水体污染等问题。

1.3.2.4 运用本研究成果指导气候变化背景下林业有害生物防治工作，切实减轻林业生物灾害危害，维护森林健康，是建设美丽中国和生态文明、推进生态林业和民生林业的迫切需要，是建设和谐家园、发展森林旅游业的基本需要，更是建设生态文明的内在要求。

1.4 经费决算和经费使用情况

1.4.1 专项经费预算安排情况

《国家林业局关于下达 2008 年公益性行业科研专项经费项目年度预算的通知》（林计发[2008] 191 号）安排预算 161 万元。其中：国家林业局森林病虫害防治总站 136 万元（含合作单位设备费、材料费、燃料动力费、差旅费、劳务费支出 64.8 万元）；国家气象中心

25 万元。

1.4.2 专项经费使用情况

课题专项经费累计支出 161.14 万元。

截至 2011 年 12 月 31 日, 课题专项经费支出 161.14 万元, 计划投资额 161.00 万元。其中:

设备费计划数 32 万元, 实际支出 32.33 万元, 账面超支 0.33 万元。主要用于购置项目必要设备, 超支原因是仪器设备价格有所变动。

材料费计划数 22 万元, 实际支出 21.55 万元, 账面结余 0.45 万元。主要用于项目研究开发过程中的耗材、辅助材料以及小型模型运算等费用, 结余原因是实际实施过程中, 价格、数量有所变化。

燃料动力费计划数 10 万元, 实际支出 9.57 万元, 账面结余 0.43 万元。主要用于项目调研、野外实验等发生的燃料费, 结余原因是在实验过程中节约了燃料的使用量。

差旅费计划数 19 万元, 实际支出 22.91 万元, 账面超支 3.91 万元。主要用于外场实验、考察业务调研、学术研讨、技术交流等所发生的外埠差旅费、市内交通费用等, 超支原因是由于在课题完成过程中, 在全国 20 多个省开展了大量数据采集、调研工作, 造成差旅费支出超出预算。

会议费计划数 20 万元, 实际支出 19.89 万元, 账面结余 0.11 万元。主要用于项目必要的年会、验收会等费用。

国际合作与交流费计划数 10 万元, 实际支出 10.36 万元, 账面超支 0.36 万元。主要用于出国学习考察气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究工作, 超支原因是外汇汇率有所变化, 费用按实际发生结算。

出版/文献/信息传播/知识产权事务费计划数 10 万元, 实际支出数 10.09 万元, 账面超支 0.09 万元, 主要用于论文版面、书籍出版、文献资料等费用, 在课题成果中, 在中国林业出版社出版约 70 万字图书一本, 支付相关出版费用造成实际支出略有超支。

劳务费计划数 17 万元, 实际支出 17.11 万元, 账面超支 0.11 万元。主要用于聘用人员外业调查补助等费用, 在课题研发过程中, 长期聘用资深教授 1 名, 临时聘用人员数名, 协助完成数据收集、分析等工作, 劳务费总体支出略有超支。

专家咨询费计划数 10 万元, 实际支出 7.3 万元, 账面结余 2.7 万元。主要用于聘请专家咨询等费用, 结余原因是在课题研发过程中, 充分发挥单位自身科研优势, 减少了外聘专家次数。

管理费计划数 11 万元, 实际支出 10.03 万元, 账面结余 0.97 万元。主要用于房屋水电消耗等用途, 结余原因是考虑到课题经费紧张, 在分摊水电暖支出时少摊销部分费用, 节省出更多经费用于开展科研工作。

1.4.3 自筹经费预算安排情况

国家林业局对该项目的自筹经费预算数为 100 万元, 经费来源为森防总站的中央财政 - 测报运行费。根据预算有关规定, 中国政法大学 20 万元, 西藏自治区森防站 20 万元, 陕西、黑龙江等省 4 个森防站 (院校) 各 15 万元。

1.4.4 单位内部财务管理制度建设及执行情况

国家林业局森防总站适用事业会计制度，具有较为完善的财务管理体系，能够严格按照会计法及事业会计制度（科学事业单位会计制度）、公益性行业科研专项经费管理办法、国家林业局森林病虫害防治总站专项经费财务管理制度执行。该课题能够单独核算课题专项经费的收入及支出明细情况，做到专款专用。审批程序和手续合理，财务档案资料保存完整。

1.4.5 审计意见（综合评价）

国家林业局森林病虫害防治总站提供的气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究课题结题财务审计相关资料，全面地反映了气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究课题的资金到位、使用及结余情况，经费使用能够严格按照事业单位会计制度和公益性行业科研专项经费管理办法执行，项目支出与预算基本相符。

1.5 组织管理和机制创新

科研成果必须转化为生产力才能体现科技的价值。课题组对本项目有2个基本定位：一是本项目涉及多学科，仅仅依靠某一部门、某一行业是完成不了项目任务的；二是本项目最终目的是应用到林业有害生物防治实践中，是为防治生产服务的。本项目在设立和试验研究及组织管理的整个过程中始终牢记这两个基本定位，高度重视组织管理上的合作协调、重视科研工作的成果转化和解决生产应用中的实际问题，并取得了一些经验。

1.5.1 课题研究在组织管理上整合了国内林业有害生物防治、政策研究、气象研究等方面的优势力量，实现横向强强联合，纵向直达基层。本项目由国家林业局森林病虫害防治总站牵头，气象部门、森防部门、科研院所和大专院校联合组成课题攻关小组共同开展科学研究。在横向上，国家林业局森防总站、中国气象局、中国科学院、中国政法大学等利用已经建立起来的良好合作关系，通力合作，密切配合。国家林业局森防总站发挥在森防行业管理上的优势，纵向协调各基层森防部门积极参与项目研究；中国气象局发挥全国气象资料齐全的优势，及时为各专题提供需要的气象资料，并组织开展了相关专题研究；中国科学院和中国政法大学各自发挥自身特长，设立专题组织开展研究。在纵向上，国家林业局森防总站发挥行业管理优势，联合十多家基层森防站参与课题研究工作，选择试验区域基本覆盖了我国气候具代表性地带、重要的气候带分界线、重点林业建设工程区、国家重点生态保护区域等，使项目研究具有代表性。同时，各合作单位任务明确，对自己承担的任务均有明确的安排，国家林业局森防总站将根据各专题开展情况实时开展督促检查，确保项目顺利进行。

1.5.2 研究紧密结合防治实际，研究成果及时服务基层并根据应用情况加以修正，实现了产、学、研的充分结合。项目建立的主要林业有害生物发生及预测模型、研发的灾害预警及信息发布软件、预警指标和评估技术均是科研人员和基层森防工作者通力合作的结果。预测模型已经在合作单位中的森防部门得到了充分应用。截至目前，课题组已利用本研究成果发布了多次预测预警信息，有力地指导了基层森防部门组织开展预防工作。研发的信息发布软件工具将作为全国各基层森防部门信息上报和发布的工具性软件。气候变化影响林业有害生物发生的应对策略将作为各级森防管理部门决策的重要依据。

1.6 存在问题和建议

通过本项目研究,我们初步掌握了气候变暖大趋势下的林业有害生物发生发展趋势,并基于此建立了一系列预测模型,但气候变化对林业有害生物发生的影响是一个长期漫长的过程,且气候变化在某一个特定的时间或区域总是复杂多样的。气候变化对林业有害生物发生的影响在某一特定的时间和区域也不尽相同。本研究解决了宏观上气候变化的大背景下林业有害生物发生发展的基本规律及应对策略,对局部地区应对策略仅仅编制了一些防治历进行了尝试,但也存在一些问题。一是局部环境下的影响及应急性应对策略还有待进一步研究,特定情况下的林业生物灾害防控应急机制亟需建立。二是通过气候指标预测主要林业生物灾害模型虽已建立,但在研究的深度和广度上还需进一步探研,更需要进一步转化为基层组织林业生物灾害防治的指南。气候变化及应对策略研究已成为当前亟需开展的热门研究。林业有害生物发生发展受气候环境影响较大。当前,我国林业部门保“双增”任务艰巨,不容林业有害生物持续高发而导致森林面积和蓄积量的负增长。建议在此项目研究成果的基础上,继续给予扶持,进一步开展深入研究,特别是加强极端气候发生后林业有害生物的协调反应及应对等方面研究。

(“气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究”课题组)

02 “气候变化对林业生物灾害影响及适应对策研究” 课题技术报告

2.1 研究思路及技术路线

2.1.1 基础数据获取

国家林业局森林病虫害防治总站及各地林业有害生物防治部门是我国及各地林业有害生物发生情况数据的权威发布部门。中国气象局国家气象中心是我国气象资料保存最权威、最完整的部门。课题组充分利用自身在专业性基础数据资源上拥有的独特优势，建立了 30 多年来我国林业有害生物发生和全国气象资料两大类数据库。其中林业有害生物发生数据由国家林业局森林病虫害防治总站及相关地方林业有害生物防治部门提供，包括林业有害生物种类、分布、发生程度、危害程度、范围和损失等。气象资料数据由国家气象中心提供，包括全国各气象监测站点所有在测气象因子以及影响大气环流各监测气象因子、各监测格点海洋温度等历史数据。同时还广泛收集了研究试验地林木类型、树种组成、郁闭度、林龄、蓄积量、立地条件及自然灾害情况（林火、风折、雪折等）以及课题涉及的绿色 GDP、林分经济效益、生态效益、社会效益等基本情况。在做专题研究时，通过定点观测、区域调查、试验研究等方法获取第一手资料。

2.1.2 研究思路及技术路线

气候变化对我国林业有害生物影响及应对策略研究涉及面广、时间序列长，区域和森林类型各异，有害生物种类繁多，其相互之间的关系极为复杂。课题组对此有充分的认识，制定了严密的研究计划，在研究过程中，坚持产、学、研密切结合，坚持对第一手资料的获取和深入分析。在广泛收集国内外相关研究资料、我国近几十年来各试验地主要气候因子、主要林业有害生物发生发展情况数据的基础上，通过海量分析筛选出气象影响因子，对其做更为深入的专题研究，寻找其间的内在规律。同时运用数学方法建立预测模型和预警指标。在深入研究掌握气候变化对林业生物灾害发生影响的基础上，结合当前和今后一段时期我国经济社会和林业发展及林业有害生物防控工作的大局，提出气候变化对有害生物发生及危害影响的应对策略。本研究技术路线见图 2-1。

2.2 研究结果

2.2.1 气候变化对林业生物灾害的影响规律

影响林业生物灾害发生发展的外界环境条件有林分状况、气象条件、生物因素、土壤因素和人为活动，是各种生物和非生物因素共同作用的结果。其中气象条件是自然因素中最主

