西南林業大學

SOUTHWEST FORESTRY UNIVERSITY

博士学位论文

DOCTORAL DISSERTATION

作者

学术博士学位论文的封面为大红色皮纹纸，具体效果见样张。

论文题目　青藏高原东缘青杨（*Populus cathayana*）遗传多样性研究

作者

宋体三号（英文和数字为 Times New Roman），题目一行排不下时可排两行，行间距为 1.5 行

学 科 专 业　林学（林木遗传育种）

学　　号　202210202001

作 者 姓 名　张三

指 导 教 师　李四，教授；刘五，研究员

作者

学科专业、指导教师等：宋体三号（英文和数字为 Times New Roman），行间距为 1.5 行。学科专业一般填到二级学科，格式为“一级学科（二级学科）”，按一级学科培养的则只填一级学科。

作者

指导教师署名数量不多于两人，且书写在一行内，不换行书写（超过一行可通过缩小字号排版）。指导教师姓名和职称之间用“，”分开。多于一名导师，则不同导师之间用“；”隔开。如果是国际导师，外文姓名由多个单词组成，则不同单词间的空格不多于一个。

分类号 _____ 密级 _____

UDC _____

学 位 论 文

青藏高原东缘青杨（*Populus cathayana*）遗传多样性研究

张三

指导教师 李四 教授

西南林业大学 昆明

刘五 研究员

中国科学院昆明动物研究所 昆明

申请学位级别 博士 学科专业 林学（林木遗传育种）

提交论文年月 2025.04 论文答辩日期 2025.05.20

学位授予单位和年月 西南林业大学 2025.06

答辩委员会主席 王五，教授

作者
密级：如果是非涉密论文，只注明论文公开类型：正常公开或延迟公开。如开题时已经申请批准为国家涉密论文，在中文扉页右上角处注明相应的密级，论文密级为秘密、机密和绝密。字体：宋体四号。

作者
国际十进分类法 UDC》的类号。以论文具体研究内容为准进行选择，应与学科专业属性保持内在统一，一般填写至三级类目即可。对于交叉学科研究，应特别注意参考自己专业和研究方向所属的学科。

作者
宋体二号加粗

作者
作者姓名、指导教师、申请学位级别等：三号宋体加粗，行间距为 1.5 行。作者和职称之间，单位和所在地之间均留适当空格，上下统一风格和对齐。

作者
同封面，可缩小字号实现一行内书写。

作者
按实际日期填写

POPULATION GENETIC SURVEY OF *Populus cathayana* ORIGINATING FROM EASTERN EDGE OF QINGHAI-XIZANG PLATEAU OF CHINA

A Doctoral Dissertation Submitted to

Southwest Forestry University

作者
物种的拉丁学名在论文任何场合均严格按照拉丁学名的书写规范，即属名首字母大写，种加词全小写，属名和种加词全部斜体。

作者
西藏的正确英译名为 XIZANG（正文中使用 Xizang），不能用 Tibet。

作者
字体为 Times New Roman，字号为小二号加粗，除物种的拉丁学名按要求拼写外其余单词全部大写，段前段后空 3 行，行间距 1.25 行，居中，可根据排版美观性原则微调。

作者
字体为 Times New Roman，字号为小三号，段前段后 0 行， 不加粗，行间距为 1.5 行。

Major: **Forestry(Forest Tree Genetics and Breeding)**

Author: **ZHANG San**

Advisor: **Prof. LI Si Assoc. Prof. WANG Liu**

College: **College of Forestry**

作者
内容同中文一致。

作者
姓全部大写

作者
学科专业、作者、指导教师、学院等：字体为 Times New Roman，字号为三号， 加粗，1.5 倍行距，段前段后 0 行。

作者
学院英文名以《关于印发西南林业大学中层机构规范化名称的通知》（西南林办〔2024〕19 号文件为准）。

独创性声明

本人所呈交的学位论文系本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果，不存在不当使用人工智能工具的行为。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得西南林业大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

作者签名：_____ 日期：　　年　月　日

论文使用授权

本学位论文作者完全了解并同意西南林业大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权西南林业大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文（保密或延迟公开的学位论文在解密或延迟公开后应遵守此规定）。

作者签名：_____ 导师签名：_____

日期：　　年　月　日

摘要

青杨（*Populus cathayana* Rehd.）是青杨派杨树的主要树种之一，为我国特有乡土树种，其主要分布区之一是我国的青藏高原，集中分布地带在甘肃省中部及青海省东部，四川省西北部岷江上游和松潘等地区。本研究以青藏高原东缘青杨天然分布区的 6 个群体 143 个个体为材料，用 AFLP、SSR 和叶绿体 SSR 分子标记分析青杨天然群体的遗传多样性，分析其遗传结构和分化，比较 6 个群体间遗传多样性的高低和群体间的遗传关系。旨在为青杨基因资源评价、保护与保存、遗传改良策略制定等提供科学理论依据。通过以上研究，得出如下主要研究结果：……

关键词：青杨（*Populus cathayana* Rehd.）；AFLP 标记；SSR 标记；cpSSR 标记；遗传多样性

作者
黑体小三，段前 0.5 行，段后 1 行，1.25 倍行距。

作者
博士 1500 字左右(宋体小四),数字和英文为 Times New Roman 小四号字体，1.25 倍行距

作者
原则上空一行，可根据排版美观性要求调整或取消。

作者
3-5 个，中间用全角“；”分开

中文摘要、英文摘要、目录等前置部分用罗马数字连续编排。

ABSTRACT

The wide geographical and climatic distribution of *P. cathayana* Rehd. indicates that there is a large amount of genetic diversity available, which can be exploited for conservation, breeding programs and afforestation schemes. The results are as follows:

……

Keywords: time-domain electromagnetic scattering; time-domain integral equation (TDIE); marching-on in-time (MOT) scheme; late-time instability; plane wave time-domain (PWTD) algorithm

作者
Times New Roman，小三加粗，段前 0.5 行，段后 1 行，1.25 倍行距。

作者
与中文摘要相同，Times New Roman，小四

作者
原则上空一行，可根据排版美观性要求调整或取消。

作者
与中文关键词对应，中间用半角标点符号“；”（；后加一个半角空格）分开。

目录

第一章 绪 论 1
1.1 研究背景 1
1.2 时域积分方程方法的国内外研究历史与现状 1
1.3 本文的主要贡献与创新 1
1.4 本论文的结构安排 1
第二章 时域积分方程基础 1
2.1 时域积分方程的类型 2
2.2 空间基函数与时间基函数 2
2.2.1 空间基函数 2
2.2.2 时间基函数 3
2.3 入射波 3
2.4 本章小结 3
参考文献 5
附录 6
个人简介 6
导师简介 6
获得成果目录 6
致谢 6

作者

目录是论文的提纲，也是论文组成部分的小标题，从第一章开始，目录列表一般不超过三级标题，以阿拉伯数字分级标出。中英文摘要、主要符号表等前置部分不要放在目录里。

作者

小四号宋体（数字和英文为 Times New Roman），段前段后均空 0 行，1.25 倍行距。一级标题加粗。

页眉：五号宋体字居中（取消缩进），正文部分（不含目录、参考文献等）奇数页为所在章节的题目，偶数页页眉用“西南林业大学博士学位论文”。英文和数字时，采用 Times New Roman 字体五号居中书写，页眉线为单横线。

第一章 绪论

1.1 研究背景

……

计算电磁学方法[1-6]从时、频域角度划分可以分为频域方法与时域方法两大类。频域方法的研究开展较早，目前应用广泛的包括：矩量法（MOM）[7-8]及其快速算法多层快速多极子（MLFMA）[9]方法、有限元（FEM）[10-11]方法、自适应积分（AIM）[12]方法等，这些方法是目前计算电磁学商用软件①（例如：FEKO、Ansys 等）的核心算法。由文献[10,12-13]可知……

……

1.2 时域积分方程方法的国内外研究历史与现状

时域积分方程方法的研究始于 20 世纪 60 年代，C. L. Bennet 等学者针对导体目标的瞬态电磁散射问题提出了求解时域积分方程的时间步进（marching-on in-time, MOT）算法[14]。……

……

1.3 本文的主要贡献与创新

本论文以时域积分方程时间步进算法的数值实现技术、后时稳定性问题以及两层平面波加速算法为重点研究内容，主要创新点与贡献如下：

……

1.4 本论文的结构安排

本文的章节结构安排如下：

……

作者
一级标题居中（取消缩进），黑体小三（数字和英文为 Times New Roman），段前 0.5 行，段后 0.5 行。1.25 倍行距。

作者
空一格

作者
二级标题，黑体四号，段前 0.5 行，段后 0 行。1.25 倍行距。

作者
中英文混排时，所有标点符号（例如逗号“，”、括号“（）”等）一律使用中文输入状态下的全角符号，但小数点采用英文输入状态下的半角“.”。文中单独出现整句英文或纯英文和数字混排时，中间的标点按英文书写规则使用半角符号。

作者
脚注为单倍行距，段前段后均空 0 行

作者
论文正文字体为小四号宋体，数字和英文为 Times New Roman 字体，小四号。1.25 倍行距。

作者
空一格

作者
空一格

作者
空一格

① 脚注序号“①，……，⑩”的字体是“正文”，不是“上标”，序号与脚注内容文字之间空 1 个半角字符，脚注的段落格式为：单倍行距，段前空 0 行，段后空 0 行，悬挂缩进 1.5 字符；中文用宋体，字号为小五号，英文和数字用 Times New Roman 字体，字号为小五。

第二章 时域积分方程基础

时域积分方程（TDIE）方法作为分析瞬态电磁波动现象最主要的数值算法之一，常用于求解均匀散射体和表面散射体的瞬态电磁散射问题。

2.1 时域积分方程的类型

……

2.2 空间基函数与时间基函数

利用数值算法求解时域积分方程，首先需要选取适当的空间基函数与时间基函数对待求感应电流进行离散。

2.2.1 空间基函数

RWG 基函数是定义在三角形单元上的最具代表性的基函数。它的具体定义如下：

$$f_n(r)=\begin{cases}\dfrac{l_n}{2A_n^+}\rho_n^+=\dfrac{l_n}{2A_n^+}(r-r_+) & r\in T_n^+\\ \dfrac{l_n}{2A_n^-}\rho_n^-=\dfrac{l_n}{2A_n^-}(r_--r) & r\in T_n^-\\ 0 & \text{其它}\end{cases} \tag{2-1}$$

其中，l_n为三角形单元T_n^+和T_n^-公共边的长度，A_n^+和A_n^-分别为三角形单元T_n^+和T_n^-的面积（如图2-1 所示）。

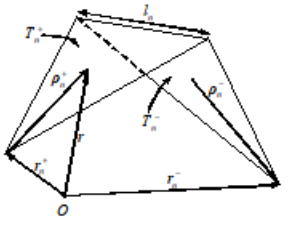


图 2-1 RWG 基函数几何参数示意图

Fig. 2-1 xxxxxxx

2.2.2 时间基函数

……

……

作者
空一格

作者
三级标题，黑体四号（数字和英文为 Times New Roman），段前 0.5 行，段后 0.5 行。1.25 倍行距。

作者
公式一律采用阿拉伯数字分章连续编号。如：公式（2-1）等。图表中物理量、符号用斜体。

作者
公式的编号采用阿拉伯数字分级编写，用括号括起写在右边行末，其间不加虚线，公式序号外的括号使用全角符号。

作者
空两格

作者
图序及图名置于图的下方。中文五号宋体字，数字和英文五号 Times New Roman，加粗。中文图题的段前为 0 行，段后为 0 行；英文图题的段前为 0 行，如果有图注段后为 0 行，没有则为 1 行，图注段前 0 行，段后 1 行。英文图题可用 Fig.或 Figure，全文统一。单倍行距。

作者
空一格

作者
空两格

2.2.2.1 时域方法特有的展开函数

……

2.2.2.2 频域方法特有的展开函数

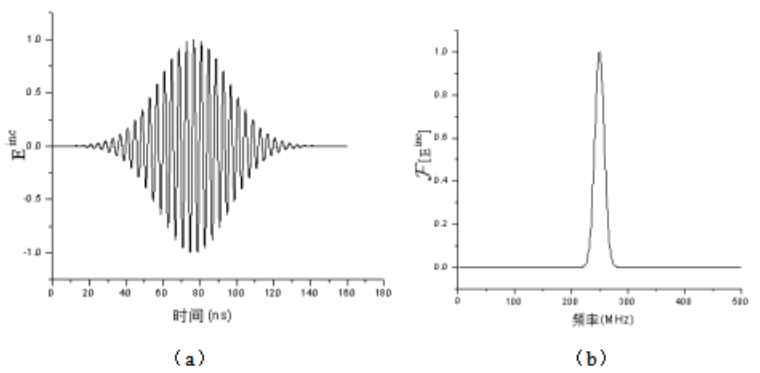
……

……

2.3 入射波

……

如图 2-5(a)和图 2-5(b)所示分别给出了参数 $\boldsymbol{E}_0=\hat{\boldsymbol{x}}$，$\boldsymbol{a}_n=-\hat{\boldsymbol{z}}$，$f_0$=250 MHz，$f_w$=50 MHz，$t_w$=4.2σ时，调制高斯脉冲的时域与频域归一化波形图。



（a） （b）

图 2-5 调制高斯脉冲时域与频率波形
（a）调制高斯脉冲时域波形；（b）调制高斯脉冲频域波形
Fig. 2-5 xxxxxxxxx
(a) xxxxx; (b) xxxxxx

2.6 本章小结

本章首先从时域麦克斯韦方程组出发推导得到了时域电场、磁场以及混合场积分方程。

……

……

3.2.2 数值算例与分析

…… 。如表 3-1 所示给出了时间步长分别取 0.4 ns、0.5 ns、0.6 ns 时的三种存储方式的存储量大小。

作者
空一格

作者
四级标题，黑体四号（数字和英文为 Times New Roman），段前 0.5 行，段后 0.5 行。1.25 倍行距。

作者
一般情况下，数字与英文单位之间需要留一个空格（中文单位前不需要），但部分特殊符号（如℃、%、平面角度）不需要空格。

作者
当有分图时，各分图题可分别标注于分图下方，也可按序置于主图题之后（分图题之间用分号隔开），但不能混用，全文统一使用一种格式。单倍行距。

作者
全角

作者
半角， “)” 后面加一个半角空格。

……

表 3-1　计算 2 m ×2 m 理想导体平板时域感应电流采用的三种存储方式的存储里比较

Table 3-1　xxxxxxxx

时间步长	非压缩存储方式	完全 压缩存储方式	基权函数 压缩存储方式
0.4ns	11.96 MB	5.59 MB	6.78 MB
0.5ns	10.17 MB	5.06 MB	5.58 MB
0.6ns	8.38 MB	4.65 MB	4.98 MB

注 a：XXXXXX。
注 b：XXXXXX。

作者
空两格

作者
1. 图、表与正文之间原则上要有一行的间距。段前 1 行，段后 0 行，可以根据排版需要灵活调整。
2. 表序及表名置于表的上方。中文五号宋体字，英文五号 Times New Roman，加粗。表采用阿拉伯数字分级编号。表头中文文字的英文标注，段前 0 行，段后 0 行。
3. 表格用三线表。表内文字中文五号宋体，英文五号 Times New Roman。表头和表内文字均采用单倍行距。

作者
空一格

作者
空两格

作者
图、表中的附注写在图或表的下方，采用英文小写字母顺序编号。中文小五号宋体字，英文小五号 Times New Roman，单倍行距。段前 0 行，段后 0 行。左对齐或右对齐均可，全文统一。

作者
如果需要特别标注论文研究的项目资助信息，可以在正文后、参考文献前插入尾注。

参考文献

[1] 陈维伦, 郭东红, 杨善英, 等. 山新杨(*Populus davidiana* × *P. bolleana* Loucne)叶外植体的器官分化以及生长调节物质对它的影响[J]. 植物学报, 1980, 22(4): 311-315.

[2] Li Yan, Zhou Yuan, Wang Zhangle, et al. Preparation and characterization of chitosan-nano-ZnO composite films for preservation of cherry tomatoes[J]. Foods, 2021, 10(12): 3135-3135.

（以下为著者-年代制文献列表格式）

陈维伦, 郭东红, 杨善英, 等, 1980. 山新杨(*Populus davidiana* × *P. bolleana* Loucne)叶外植体的器官分化以及生长调节物质对它的影响[J]. 植物学报, 22(4): 311-315.

Li Yan, Zhou Yuan, Wang Zhangle, et al, 2021. Preparation and characterization of chitosan-nano-ZnO composite films for preservation of cherry tomatoes[J]. Foods, 10(12): 3135-3135.

作者
黑体小三号，段前 0.5 段后 0.5，1.25 倍行距。参考文献列表不标注 DOI 号。

作者
只列在正文中被引用过，正式发表的文献资料。中文 5 号宋体字，英文和数字 Times New Roman 五号。段落 1.25 倍行距。作者姓名写到第三位，余者写 “, 等” 或 “, et al.”。文后参考文献列表一律顶格书写，超过一行时第二行悬挂缩进 2 个字符。采用顺序编码制引用文献的，序号右括号 “]” 后面空一个半角空格。

作者
标点使用规则：参考文献里的标点统一使用半角符号。“,” “.” “;” “:” 后面空一个半角空格；“(” 前和 “)” 后是英文单字时，“(” 前和 “)” 后需要加一个空格。

作者
参考文献可以采用顺序编码制或著者-出版年制进行标注（只能使用一种，全文统一），具体参考《信息与文献 参考文献著录规则》（GB7714-2025）。英文文献的作者姓名列举方式以论文发表刊物格式为准，但必须保持全文统一。

作者
英文参考文献的期刊名称应使用全称。


附录
个人简介
导师简介
获得成果目录
致谢
作者
附录、个人简介、导师简介、获得成果目录、致谢标题黑体小三号，段前0.5段后0.5，每部分另起一页，无缩进。正文格式同论文正文。
作者
正文格式同论文正文。
作者
正文格式同论文正文。
作者
正文格式与参考文献的格式相同。
作者
正文格式同论文正文。