



西南林业大学
SOUTHWEST FORESTRY UNIVERSITY

博士学位论文

DOCTORAL DISSERTATION

批注 [A1]: 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

批注 [A2]: 宋体三号，题目一行排不下时可排两行，行间距为 1.5 行

学科专业 林木遗传育种

批注 [A3]: 学科专业、指导教师等：宋体三号，行间距为 1.5 行

学号 202210202001

作者姓名 张三

指导教师 李四教授 王六副教授

分类号

密级

UDC

批注 [A4]: 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。

批注 [A5]: 注 1: 《国际十进分类法 UDC》的类号。

学 位 论 文

青藏高原东缘青杨 (*Populus cathayana*)

遗传多样性研究

批注 [A6]: 宋体二号加粗

张三

指导教师

李四

教授

西南林业大学

昆明

批注 [A7]: 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。当指导教师为多名指导教师时, 可以在中文扉页中指导教师的位置处填写相关信息。

申请学位级别

博士

学科专业

林学

批注 [A8]: 一级学科

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

POPULATION GENETIC SURVEY OF *POPULUS*
CATHAYANA ORIGINATING FROM EASTERN
EDGE OF QINGHAI-TIBETAN PLATEAU OF
CHINA

批注 [A9]: 字体为 Times New Roman, 字号为小二号加粗, 大写, 段前段后空 3 行, 行间距 1.25 行, 居中, 可根据排版美观性自行微调。

A Doctor Dissertation Submitted to
Southwest Forestry University

批注 [A10]: 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: Forest Tree Genetics and Breeding
Author: ZHANG San
Advisor: Prof. LI Si Assoc. Prof. WANG Liu
College: College of Forestry

批注 [A11]: 姓全部大写

批注 [A12]: 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。

批注 [A13]: 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

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。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。

（保密的学位论文在解密后应遵守此规定）

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

批注 [A14]: 黑体小三，段前 0.5 行，段后 1 行，1.25 倍行距。

批注 [A15]: 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

批注 [A16]: 3-5 个，中间用“，”分开

ABSTRACT

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

批注 [A17]: Times New Roman, 小三加粗, 段前 0.5 行, 段后 1 行, 1.25 倍行距。

批注 [A18]: 与中文摘要相同, Times New Roman, 小四

批注 [A19]: 3-5 个, 中间用 “, ” 分开

目录

批注 [A20]: 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,目录一般列至二级标题,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。

第一章 绪 论	1
1.1 研究工作的背景与意义	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	I
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
2.2.2.1 时域方法特有的展开函数	3
2.2.2.2 频域方法特有的展开函数	3
2.3 入射波	3
2.6 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

第一章 绪论

1.1 研究工作的背景与意义

.....

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：

.....

批注 [A21]: 一级标题，黑体小三，段前 0.5 行，段后 0.5 行。

批注 [A22]: 二级标题，黑体四号，段前 0.5 行，段后 0 行。

批注 [A23]: 脚注为单倍行距，段前段后均空 0 行

批注 [A24]: 论文文字体为宋体，论文中所用数字和英文为 Times New Roman 字体。1.25 倍行距。

^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 磅，段后空 0 磅，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，字号为小五号；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标点符号，但小数点采用英文状态下的样式“.”。

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^①。

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：

$$f_n(\mathbf{r}) = \begin{cases} \frac{l_n}{2A_n^+} \rho_n^+ = \frac{l_n}{2A_n^+} (\mathbf{r} - \mathbf{r}_+) & \mathbf{r} \in T_n^+ \\ \frac{l_n}{2A_n^-} \rho_n^- = \frac{l_n}{2A_n^-} (\mathbf{r} - \mathbf{r}_-) & \mathbf{r} \in T_n^- \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (2-1)$$

批注 [A25]: 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。

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）。

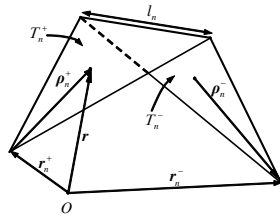


图 2-1 RWG 基函数几何参数示意图

Fig 2-1 xxxxxxx

.....

^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 磅，段后空 0 磅，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，字号为小五号；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标点符号，但小数点采用英文状态下的样式“.”。

2.2.2 时间基函数

.....

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 $E_0 = \hat{x}$, $a_n = -\hat{z}$, $f_0 = 250\text{MHz}$, $f_w = 50\text{MHz}$, $t_w = 4.2\sigma$ 时, 调制高斯脉冲的时域与频域归一化波形图。

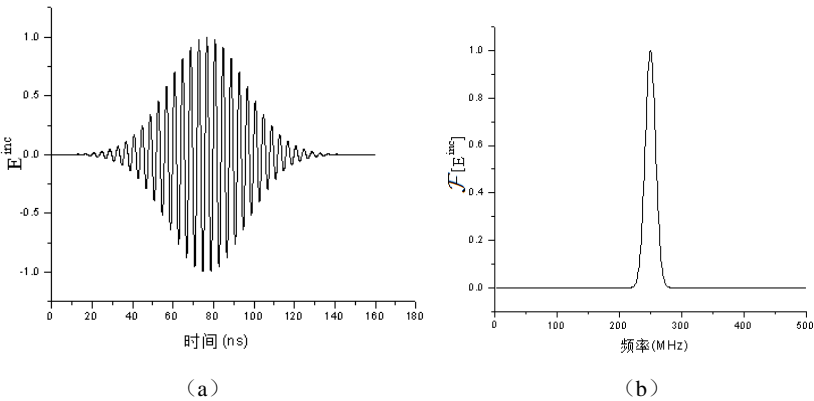


图 2-5 调制高斯脉冲时域与频率波形

Fig 2-5 xxxxxxxxxx

(a)调制高斯脉冲时域波形; (b)调制高斯脉冲频域波形

批注 [A26]: 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。

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 0.4ns、0.5ns、0.6ns 时的三种存储方式的存储量大小。.....。

表 3-1 计算 $2m \times 2m$ 理想导体平板时域感应电流采用的三种存储方式的存储量比较
Tab 3-1 xxxxxxxxx

存储方式 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

批注 [A27]: 中文表题的段前为 1 行, 段后为 0 行, 英文表题的段前为 0 行, 段后为 0 行。

参考文献

- [1] Chew W C, Jin J M, Michielssen E, et al. Fast and Efficient Algorithms in Computational Electromagnetic[M]. Boston: Artech House, 2000.
- [2] 盛新庆.计算电磁学要论[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] 王秉中.计算电磁学[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [4] 吕英华.计算电磁学的数值方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [5] 王长清.现代计算电磁学基础[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005.
- [6] 潘小敏.计算电磁学中的并行技术及其应用[D]. 北京: 中国科学院电子学研究所, 2006.
- [7] 丁文详.数字革命与竞争国际化[N].中国青年报, 2000-11-20(15).
- [8] Gibson W C. The Method of Moments in Electromagnetics[M]. New York: Chapman and Hall/CRC, 2008.
- [9] 胡俊.复杂目标矢量电磁散射的高效算法——快速多极子方法及其应用[D].成都: 电子科技大学, 2000.
- [10] Martin H C, Carey G F. Introduction to Finite Element Analysis: Theory and Application [M]. New York: McGraw Hill, 1973.
- [11] 金建铭著, 王建国译.电磁场有限元方法[M].西安: 西安电子科技大学出版社, 1998.
- [12] Walker S P, Yeung C Y. Parallel computation of integral equation methods for three-dimensional transient wave propagation[J].International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering, 2010, 11(6):515-524.
- [13] 肖珍新.一种新型排渣阀调节降温装置: 201120085830.0[P]. 2012-04-25.
- [14] Liu X F, Wang B Z, Shao W. A Marching-on-in-order Scheme for Exact Attenuation Constant Extraction of Lossy Transmission Lines[C]. China-Japan Joint Microwave Conference Proceedings, Chengdu, 2006, 527-529.

批注 [A28]: 黑体小三号, 段前 0.5 段后 0.5。

批注 [A29]: 主体部分只列作者阅读过, 在正文中被引用过, 正式发表的文献资料。中文 5 号宋体字, 英文和数字五号 Times New Roman。段落 1.25 倍行距。

批注 [A30]: 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》(GB7714-2015)。英文文献的作者姓名列举方式以论文发表刊物格式为准。

- 附录
- 个人简历
- 导师简介
- 获得成果目录
- 致谢

批注 [A31]: 附录、个人简历、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。

批注 [A32]: 正文格式同论文正文。

批注 [A33]: 正文格式同论文正文。

批注 [A34]: 正文格式与参考文献的格式相同。

批注 [A35]: 正文格式同论文正文。