



临沂大学博士教授文库
LINYIDAXUE BOSHI JIAOSHOU WENKU

中国东部亚热带地区 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列及 方位变化的环境意义

Environmental Significance Based on Tree-Ring $\delta^{13}\text{C}$ Annual
Series and Azimuth Variation in Subtropical Region
of East China

赵兴云 著

山东人民出版社

全国百佳图书出版单位 国家一级出版社



临沂大学博士教授文库

LINYIDAXUE BOSHI JIAOSHOU WENKU

中国东部亚热带 地区树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列 及方位变化的环境意义

赵兴云 著

山东人民出版社

全国百佳图书出版单位 国家一级出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国东部亚热带地区树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列及方位变化的环境意义/赵兴云著. —济南: 山东人民出版社, 2013. 10

ISBN 978 - 7 - 209 - 07625 - 8

I. ①中… II. ①赵… III. ①亚热带 - 年轮气候学 - 研究 - 中国 IV. ①P46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 211017 号

中国东部亚热带地区树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列及方位变化的环境意义
赵兴云 著

山东出版集团

山东人民出版社出版发行

社 址: 济南市经九路胜利大街 39 号 邮 编: 250001

网 址: [http:// www. sd - book. com. cn](http://www.sd-book.com.cn)

发行部: (0531) 82098027 82098028

新华书店经销

山东省东营市新华印刷厂印装

规 格 16 开 (169mm × 239mm)

印 张 13. 25

字 数 214 千字

版 次 2013 年 10 月第 1 版

印 次 2013 年 10 月第 1 次

ISBN 978 - 7 - 209 - 07625 - 8

定 价 35.00 元

如有质量问题, 请与印刷厂调换。(0546) 6441693

前 言

树木年轮已在全球气候变化研究中占有十分重要的地位。目前,全球树木年轮的研究仍多集中于气候限制因子地区,年轮宽度分析是其主要的研究手段之一。由于热带、亚热带地区树木年轮宽度的逐年变化不太明显,所以,年轮宽度分析存在一定难度。20世纪70年代以来,树轮稳定同位素分析方法的逐渐发展与成熟,为暖湿地区的树木年轮研究提供了研究手段与研究方法。树轮稳定碳同位素的变化对环境波动的敏感性更强,在一些年轮宽度逐年变化不大的地区,年轮同位素变化却能对气候变化有很好的反映。随着化学提纯和质谱测定技术的改进,树轮稳定同位素分析方法已成为树木年轮气候学研究的重要技术手段之一。国际上,已利用稳定同位素分析方法在一些温暖湿润地区尝试了树轮稳定同位素的研究。由于受分析材料等条件的限制,温暖湿润地区的树木年轮研究进展仍相对缓慢。但已有研究证明,树轮稳定同位素分析法在暖湿地区是可行的。

全球气候变化研究需要更多区域的树轮代用资料,然而,目前在全球用于气候变化研究的树轮代用指标网络中,低纬度的暖湿地区的树轮研究仍相对空缺。我国的树轮研究也存在区域分布不均的问题,目前,多数研究主要集中于西部及西北部气候限制因子地区,研究手段以树轮宽度分析为主。广大的东部地区树木年轮研究相对薄弱,低纬度的热带与亚热带暖湿地区,树木年轮研究相对更少。对树轮稳定碳同位素的方位变化,国际上虽早有研究,但研究的方位数只有2~5个,时间分辨率多低于5年,研究的样本数也较少。在国内,已有陈宝君等人做过树木年轮稳定碳同位素的方位变化研究,但对树轮稳定碳同位素方位变化存在的稳定性、变化机

理等方面未做深入研究。为此,本书在前人已有研究的基础上,以我国东部亚热带地区的树木年轮为研究对象,以树木年轮 $\delta^{13}\text{C}$ 作为研究手段,对树木年轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列及方位序列的变化及其环境意义进行了系统研究。

一、主要研究目标及研究内容

(一) 主要研究目标

1. 利用3个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 长序列重建大气 CO_2 浓度历史变化,将该区的重建序列在前人研究的基础上向前延伸到1685年,填补该区工业革命前无重建序列的空白。

2. 利用CF-2树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 长序列重建天目山地区1685年以来的气候变化历史,验证重建结果的可靠性与精确性,解译树轮长序列中是否含有小冰期及太阳活动的变化信息,寻求小冰期及太阳活动在该区树轮碳同位素组成序列中的记录证据。

3. 利用不同树种、更多树轮资料论证树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化普遍存在的稳定性,验证树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的显著性,探讨树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 极值的时空迁移规律。

4. 对比不同方位树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列所含的信息量及重建气候变化的精度,为今后树轮研究的取样方位及方位数提供参考依据。

5. 探讨天目山3个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列存在差异的原因,分析树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的机理。

(二) 主要研究内容

1. 对天目山不同柳杉树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 长序列的共性变化与个性差异进行分析

天目山3个柳杉树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列存在系统偏差,采用多项式函数法对3个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列进行了高、低频分离,分析了3个序列的共性变化与个性差异;分析了环境因素及气候因素与3个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列低频部分与高频部分的相关关系,论证了3个序列间的个性差异对其共性部分作为研究气候变化代用资料适应性的影响程度;采用定量与半定量法分析了局部环境因素对3个 $\delta^{13}\text{C}$ 序列个性差异的影响。

2. 对天目山地区300年的气候变化进行重建与验证

分析了树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列的高频变化与天目山地区气温及降水等气象要素间的相关性,采用逐步回归法建立了树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 与气候要素间的信息转换函数,利用 300 年的长序列重建了天目山地区 1685 年以来的气候变化并对重建结果的可靠性进行了验证;分析了重建序列所反映的气候冷、暖变化及其对小冰期气候变化信息的记录;对树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列进行了周期分析。

3. 基于 3 个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列的大气 CO_2 浓度变化历史的重建

分析了 3 个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列的低频变化与冰芯记录的大气 CO_2 浓度间的关系,建立转换函数重建了该区 1685 年以来的大气 CO_2 浓度变化,并对重建结果的可靠性及精确性进行了独立样本检验。

4. 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化分析

分析了天目山柳杉、金钱松及庐山冷杉树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 随方位变化的特点,并采用方差分析对树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 随方位变化的显著性进行了检验。利用南京紫金山马尾松 $\delta^{13}\text{C}$ 资料,进一步验证了树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化存在的稳定性;利用谐波分析法探讨了树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 随方位变化的周期及其方位极值的时空迁移规律。

5. 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的气候意义研究

对天目山柳杉 CF-1 及 CF-3 的 $\delta^{13}\text{C}$ 方位序列去除大气 CO_2 浓度等低频变化后,分析了不同方位的 $\delta^{13}\text{C}$ 高频率序列与气候要素的关系,对比了不同方位 $\delta^{13}\text{C}$ 序列记录的气候信息量;采用逐步回归法,选择了部分方位与气候要素相关显著的 $\delta^{13}\text{C}$ 高频率序列作为预报因子,对相应的气温、降水要素进行了重建。

6. 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列及方位变化的机理探讨

通过不同坡向太阳辐射及坡面受光时间的计算,探讨了树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列及方位变化的机理。

二、研究方法与研究思路

在正确选区和野外采样的基础上,选择树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 作为分析指标,通过室内样品预处理、化学分析和质谱测定,获取本研究所需的资料数据;搜集研究区内相应气象站点的气象资料,用滑动 t -检验与 Cramer's 法对气象

数据进行稳定性检验；用多项式拟合法对所测得的树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列进行去趋势处理，分离高、低频信息；在相关分析的基础上，用多项式回归或多元回归等统计法，建立恢复大气 CO_2 浓度和气候变化的信息转换函数，并对转换函数的重建结果进行独立样本检验或 F - 检验；用功率谱分析法进行周期分析。用方差分析与谐波分析法对树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的显著性及方位变化主周期、极值时空迁移规律作分析。

三、研究结论与创新点

（一）主要研究结论

1. 天目山三株树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列含有相似的高频与低频变化。气候因素与大气因素对不同柳杉个体 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列高、低频变化的影响是共同的；不同树木个体的 $\delta^{13}\text{C}$ 序列的共性变化是主要的，3 个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列间也存在个性差异，主要是树木立地处局部环境条件的不同所引起的，但个性差异是次要的，并不影响树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列共性变化作为环境变化研究代用资料的适宜性与重建气候与环境变化结果的可靠性与一致性。

2. 通过建立转换函数重建了天目山地区 1685 年以来的 3 ~ 9 月降水量及年平均气温。重建结果是：300 年的温度平均值为 8.7°C ，比天目山地区的现代实测气温低 0.2°C 。300 年的冷暖波动与我国小冰期第二次冷期内的小冰期最盛期、第二次暖波动、第三次冷期及 20 世纪的暖期有较好的对应关系，并与我国近 500 年的气候变化及我国东部地区其它代用资料所记录的气候变化有较好的对应。重建结果证明了小冰期信息在天目山树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列中存在的可信性。史料所记载的一些大寒年、大涝年及大旱年在重建序列中得到较好印证。

3. 重建序列中含有 58.82a、21.28a、13.70a、3.23a、2.63a、2.33a 和 2.07a 的准周期振荡，表明该区树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 组成序列对太阳活动及 ENSO 事件等有较好记录。

4. 用 3 个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列重建了过去大气 CO_2 浓度变化，重建结果很好的反映了 300 年的大气 CO_2 浓度的长期变化趋势。从 1685 ~ 1840 年，大气 CO_2 浓度大致稳定地维持在 $277 \sim 280\text{mol/L}$ 之间。1840 年以后，大气 CO_2

浓度呈现出加速上升趋势,至1940年升至310.1mol/L;至1958年升至318.3mol/L,与来自美国夏威夷 MaunaLoa 观测站记录的315.3mol/L的结果相接近。三个 $\delta^{13}\text{C}$ 序列重建结果的一致性表明,用同一地区不同树木个体的 $\delta^{13}\text{C}$ 序列可以重建出基本一致的大气 CO_2 浓度变化。

5. 方差检验表明,树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 值方位变化是显著的,其方位变化量级与年际变化量级相似,研究树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 值方位变化与研究它的年际变化具有同等重要的意义。

6. 利用更多树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 值的方位变化,验证了树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化存在的普遍性与稳定性。谐波分析结果表明,不同树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 值均存在以 2π 和 π 为周期的变化,树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 极值并不出现于固定方位,而是随树木生长坡向及时间发生方位转移及年际漂移。

7. 对树轮不同方位 $\delta^{13}\text{C}$ 序列的高频变化与温度及降水的相关分析表明,该区降水与温度变化对树木生长有滞后影响。各方位 $\delta^{13}\text{C}$ 序列对气温与降水变化的记录能力存在差异,方位平均及整轮平均序列记录的信息不如各方位记录的多;采用逐步回归分析,对各个 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 序列记录的气候变化信息都能很好地进行描述与重建。

8. 不同坡向的温度及湿度差异是导致3株树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 出现系统偏差的主要原因,南坡温度高于东坡是造成CF-2或CF-3树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 值比CF-1树轮高的重要原因。南坡比东坡受光时间长,是造成CF-2或CF-3树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 值比CF-1高的另一重要因素。树冠不同方位受光照射时间及强度的差异是影响树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的主要因素;斜坡上、下坡位及其水分与养分差异是影响树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化重要因素。

(二) 主要创新点

1. 利用300多年树轮长序列将天目山地区气候与环境变化序列向前延伸到了1685年,比Qian等人的研究延长了150多年,填补了该区1870年以前缺少树轮序列及其环境重建序列的空白,为该区进一步的树轮及环境变化研究提供了参考序列。

2. 根据所重建的气候要素序列,解译了天目山树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 变化对该区小冰期气候冷、暖事件的记录,找到了小冰期在该区存在的树轮证据。

3. 对同一地区不同树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列对比, 发现了它们存在的系统偏差, 分析了它们的共性变化与个性差异, 发现不同 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列的个性差异是次要的, 不影响其共性变化作为代用指标重建气候与大气 CO_2 浓度历史变化的可靠性与精确性。利用 3 个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列重建出了基本一致的大气 CO_2 浓度变化序列。重建方程的拟合精度及独立样本检验表明, 利用同一地区不同树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列可以重建大气 CO_2 浓度变化历史。

4. 以更多树种及其 $\delta^{13}\text{C}$ 方位资料进一步证明了树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化存在的稳定性。通过每一年 $\delta^{13}\text{C}$ 方位极值变化初相位角的计算, 证明了树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位极值的年际迁移。

四、相关说明

树木年轮学是一门边缘学科, 涉及气候学、树木学、树木生理学、植物地理学、植物生态学、环境科学、同位素化学、统计学等众多学科, 数据处理也涉及多种处理软件的应用, 由于本人水平有限, 再加上时间及资料等客观因素的制约, 文中难免存在疏漏与不足之处, 敬请各位专家提出宝贵意见!

目 录

前 言	1
第一章 绪 论	1
第一节 研究背景及意义	1
第二节 选区依据及意义	3
第三节 国内外研究现状	4
一、国外研究现状	4
二、国内研究现状	18
第四节 主要研究目标与研究内容	20
一、主要研究目标	20
二、主要研究内容	20
第五节 主要研究方法与技术路线	21
一、研究材料与数据说明	21
二、数据的处理与分析	25
三、研究结果的分析与检验	25
四、研究的技术路线	25
第二章 树木年轮学研究基础	26
第一节 树木结构、生长及年轮的形成	26
一、树木的结构	26
二、树木生长及年轮形成	27

三、年轮变异	29
第二节 树木的基本生理过程	29
一、植物水分代谢	30
二、植物的矿质营养代谢	32
三、光合作用及营养物质的合成	33
四、呼吸作用	34
五、同化物质的运输	35
第三节 影响树木生长的环境因素	36
一、环境因子的生态作用	36
二、树木的逆境生理	40
第四节 树木年轮学的基本原理	40
一、均一性原理	40
二、限制因子定律	41
三、生态幅原理	41
四、敏感性原理	42
五、交叉定年原理	42
六、复本原理	43
第三章 研究区概况及材料	44
第一节 研究区概况	44
一、天目山地区自然生境概况	44
二、南京紫金山自然环境概况	45
第二节 本研究所用材料	45
第四章 天目山柳杉树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列与环境变化	48
第一节 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列分析	48
第二节 天目山柳杉树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列的共性变化与个性差异分析	54
一、 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列共性变化分析	54
二、 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列的差异分析	55
第三节 天目山柳杉 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列差异的原因分析	56

一、不同坡向太阳辐射量的计算·····	57
二、局部小环境条件对 3 个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列差异的影响·····	62
第四节 天目山树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列记录的气候变化信息·····	69
一、气象资料的选择及检验·····	69
二、CF-2 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 高频序列与气象要素的相关 分析与多元回归分析·····	72
三、气候要素的重建与分析·····	77
第五节 天目山柳杉树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 对大气 CO_2 浓度变化的记录 及其生理响应·····	85
一、天目山地区 1685 年以来大气 CO_2 浓度历史变化重建·····	85
二、天目山树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列所反映的植物对大气 CO_2 浓度变化的响应·····	91
第六节 本章小结·····	95
第五章 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化及成因探讨·····	97
第一节 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的特征·····	98
一、树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的特点·····	98
二、方差检验·····	105
第二节 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 值方位变化的普遍性·····	106
第三节 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 值方位变化的规律·····	108
一、谐波分析的基本原理与方法·····	108
二、树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位序列的谐波特征·····	111
三、树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 极值的年际漂移·····	117
第四节 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的成因初探·····	119
一、相关性与变化趋势分析·····	119
二、树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 随方位变化的成因分析·····	121
第五节 本章小结·····	126
第六章 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的气候意义·····	127
第一节 材料及方法·····	127

第二节 树轮 CF-1 各方位 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 序列与气候要素的相关分析及重建	130
一、CF-1 与温度的相关分析及重建	130
二、与降水的相关分析及重建	134
第三节 CF-3 树轮 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 序列与气候要素的相关分析与重建	142
一、与气温的相关分析与重建	142
二、CF-3 与降水的相关分析与重建	148
第四节 本章小结	154
第七章 结论与讨论	155
第一节 主要研究结论	155
一、天目山 3 个树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列的分析结论	155
二、树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化研究结论	157
三、树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的气候意义研究结论	158
四、树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列差异及方位变化原因分析结论	158
第二节 主要创新点	159
第三节 存在问题与展望	160
一、存在不足	160
二、展望	161
参考文献	162
附表	197

第一章 绪 论

第一节 研究背景及意义

目前,全球变化已成为社会各界共同关注的焦点问题,而全球气候变化是全球变化问题的核心之一。研究过去气候变化及现代气候变化特点,可更好地提高与改进对未来气候变化的可预报性。研究全球气候变化最直接、最准确的资料是器测资料。然而,使用仪器的气象记录资料是非常有限的,全球多数地区只有几十年的时间,少数地区达到 100~200 年的时间(国家气候变化对策协调办公室,2004),现有的气象观测网也不健全,观测内容不能满足全球气候变化与气候模拟的需要。我国气象观测时间更短,多数在 20 世纪 50 年代才开始,最长的仅有百年左右,且气象站点稀少,难以获取长期气候变化的信息(林学春等,1995)。所以,近 10 多年来,各种地质记录,如冰芯(Thompson, *et al.*, 1995; 姚檀栋等, 1997; 2001)、黄土(韩家懋等, 1996; 何勇等, 2002)、湖芯(王苏民等, 1994, 1996; Yu G, *et al.*, 2000)、珊瑚(聂宝符等, 1999)、石笋(汪永进等, 2000; 2002; 程海等, 2005)等,已被广泛地用于地质历史时期的气候与环境变化研究中。这些自然地质记录在提供长时间尺度的气候与环境变迁信息方面发挥了重要作用,但在短时间尺度的气候变化研究中,存在时间分辨率较低的缺陷。相比较而言,树木年轮因其定年精确、连续性好、分辨率高(能提供精确到年甚至季节的分辨率),森林与古木资源丰富、分布广泛、对环境变化敏感性强等优点,也在过去全球气候变化研究中被广泛应用,并已取得重要进展(马利民等, 2003a)。

年轮宽度分析是树木年轮研究中最早和最常采用的传统研究方法。通过年轮宽度变化分析,重建过去的气候与环境变化,已成为全球气候变化研究中的重要手段,但年轮宽度分析主要适宜于气候限制因子地区(如寒冷、干旱区),在树木缺乏清晰年轮或年轮宽度逐年变化不大的暖湿地区,宽度分析存在一定局限性。

自上世纪 70 年代中期以来,逐渐发展与成熟的树轮稳定同位素分析方法却在一定程度上克服了树木年轮宽度研究的局限性。树轮稳定同位素组成比年轮宽度对环境变化的敏感性更强,因而能更好地记录气候与环境变化信息 (Roberston *et al.*, 1997)。国际上,利用树轮稳定同位素分析方法,已在部分温暖湿润地区,如澳大利亚 (Pearman, *et al.*, 1976)、印度 (Ramesh, *et al.*, 1985, 1986)、肯尼亚 (Krishnamurthy, *et al.*, 1985)、非洲南部 (February and Stock, 1999)、日本 (Kitagawa, *et al.*, 1995)、智利 (Leavitt, *et al.*, 1994)、印度尼西亚与泰国 (Poussart, *et al.*, 2004)、哥斯达黎加 (Waylen, *et al.*, 1996; Evans, *et al.*, 2004)、利比里亚与秘鲁 (Evans, *et al.*, 2004) 等国及我国台湾 (Sheu, *et al.*, 1996) 等地区尝试了树轮同位素研究。这些研究证明,树轮同位素分析方法在暖湿地区的树轮研究中是可行的。由于受分析材料等条件的限制,目前暖湿地区的树木年轮研究进展仍相对缓慢。

全球气候变化研究需要更多区域的树轮代用资料。但目前,在全球用于气候变化研究的树轮代用指标网络中,低纬度的暖湿地区仍相对空缺,如图 1-1-1,因而,加强暖湿地区的树木年轮研究很有必要。一方面,可以在一定程度上弥补气象观测资料缺乏、气象站点分布不均的缺陷,也可以弥补其他各种地质记录区域分布不均的缺陷。另一方面,可为全球树轮研究网络的形成及全球气候变化研究,提供范围更为广泛的区域树轮代用资料。

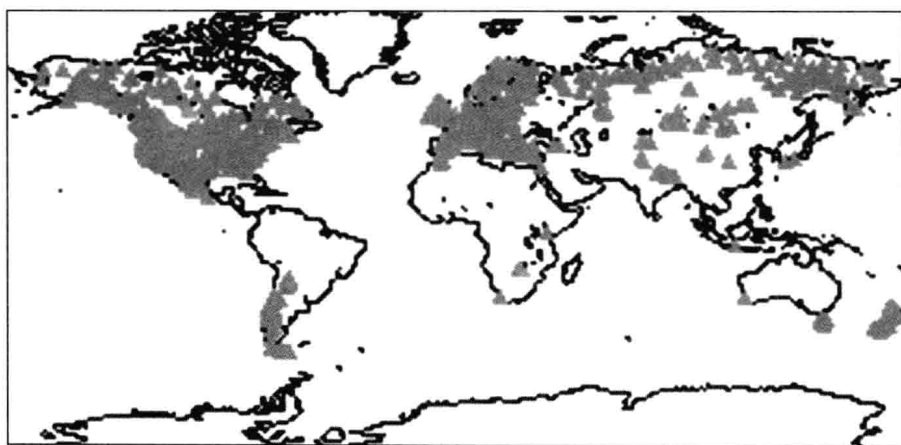


图 1-1-1 全球树木年轮代用资料研究地点分布示意图 (Evans, *et al.*, 2004)

第二节 选区依据及意义

我国的树轮研究也存在区域分布不均的问题, 广大的东部地区树轮研究开展较少, 如图 1-2-1。目前, 只有少数几个地区开展了树轮研究工作, 而且研究的广度与深度都有一定局限性。如东北大兴安岭地区, 以树轮宽度研究为主 (王丽丽等, 2005); 东北长白山区, 刘广深等 (1997a, b)、徐海等 (2002) 研究了红松树轮稳定碳同位素组成及其与降水、云量、河川径流等的关系; 蒋高明等 (1997) 利用河北承德地区油松树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列, 重建了大气 CO_2 浓度变化; 在山东沂山地区, 沈长泗等 (1998) 利用油松树轮宽度重建了相对湿度; 在广东鼎湖山自然保护区, 林植芳等 (1997) 研究了污染对马尾松树轮稳定碳同位素的影响, 侯爱敏等 (2000, 2001a) 测定了该区树叶内外 CO_2 浓度比、探讨了利用树轮稳定碳同位素组成重建大气 CO_2 浓度及其 $\delta^{13}\text{C}$ 的可行性; 孙艳荣等 (2003)、邢秋茹等 (2004) 研究了广东阳春樟树年轮 $\delta^{13}\text{C}$ 及宽度与 ENSO 事件及气候要素的关系。沈吉等 (2000) 对南京市太平门雪松树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 作过研究; Qian 等 (2001, 2002) 对天目山柳杉树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 年序列作了探索性尝试研究, 研究了该区 1840 年以来的气候变化与大气 CO_2 浓度变化; 陈宝君等 (2002c) 研究了天目山树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 及 δD 序列与 ENSO 事件的关系。陈宝君等 (2002a; b) 及邓自旺等 (2003) 对天目山柳杉、金钱松及庐山冷杉树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化特点及气候意义作了分析, 但对树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 值方位变化的普遍性论述欠充分, 对 $\delta^{13}\text{C}$ 随方位变化规律以及方位差异的原因等未作深入研究。

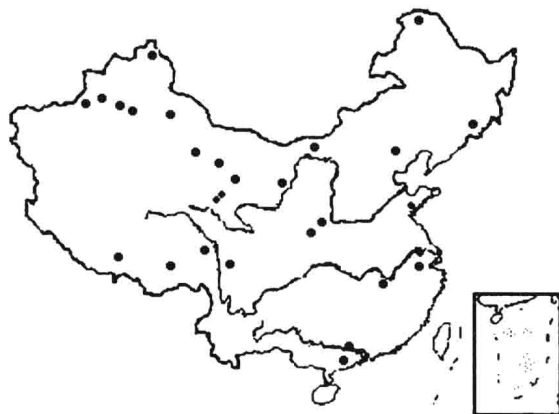


图 1-2-1 我国树轮研究区域分布示意图

鉴于目前我国东部地区树轮研究现状,本研究在钱君龙等人研究的基础上,选择浙江天目山、南京紫金山及江西庐山为研究区,利用稳定碳同位素组成为研究手段,探讨树木年轮稳定碳同位素组成年序列与方位变化的环境意义;尝试建立一种恢复区域气候与环境变化历史的可行性方法;进一步验证树轮稳定碳同位素组成随方位变化的稳定性及变化特点,探讨不同方位 $\delta^{13}\text{C}$ 极值迁移规律,并对比不同方位 $\delta^{13}\text{C}$ 序列记录气候信息的异同;探讨树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 随方位变化的机理。

利用树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 资料探讨重建区域气候与环境变化历史的可行方法,可以提高区域树轮代用指标在过去气候变化研究中的应用价值,可为其他地区,尤其是暖湿地区的树轮研究及气候重建提供参考依据。对不同树种稳定碳同位素组成方位变化的分析,可为今后树轮研究确定合理的采样方位及方位数提供参考依据。

第三节 国内外研究现状

一、国外研究现状

(一) 概述

树木年轮学是一门研究树木木质部生长层,并利用年生长层来定年和评价过去环境变化的一门科学(Fritts, 1976)。它以树木生理学为基础,以树木生长特点为依据,来研究环境变化对树木生长的影响,旨在获取气候代用资料,重建过去环境变化的史实(Fritts, 1976)。该学科由美国天文学家 A. E. Douglass (1867 ~ 1961) 于 20 世纪初期创立。80 多年来,尤其是近 20 ~ 30 年来,树轮气候学在分析方法、研究区域、研究对象、研究内容以及应用研究等方面均取得了重大进展,已成为当前发展最为快捷的学科之一(Dean, 1996)。

目前,树轮研究采用的分析方法主要有宽度、密度分析、木材反射亮度分析、化学元素及稳定同位素分析、木材解剖结构及图像分析等。

年轮宽度分析是树轮研究中最早和最常使用的传统分析方法。它依据人眼对年轮的辨识,用比较简单的量测工具(年轮宽度仪)获取年轮宽度数据、建立年轮宽度年表(标准化年表 STD, 差值年表 RES 和自回归年表 ARS)、分析树