

国家“十一五”重点图书

中国植被演替 与环境变迁

(第一卷·云南晚新生代植物和气候)

李承森 扈铁梅 姚轶锋等 著

凤凰出版传媒集团

江苏科学技术出版社

国家“十一五”重点图书

中国植被演替与环境变迁

(第一卷 云南晚新生代植物和气候)

李承森 扈铁梅 姚轶锋等 著

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国植被演替与环境变迁. 第 I 卷 / 李承森等著.
—南京: 江苏科学技术出版社, 2008. 12
ISBN 978-7-5345-6315-7

I. 中… II. 李… III. 植被—关系—生态环境—研究—
中国 IV. Q948.52 X321.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 152578 号

中国植被演替与环境变迁(第一卷 云南晚新生代植物和气候)

著 者 李承森 袁铁梅 姚轶锋等
责任编辑 郁宝平
责任校对 郝慧华
责任监制 曹叶平

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)
网 址 <http://www.pspress.cn>
集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>
经 销 江苏省新华发行集团有限公司
照 排 南京展望文化发展有限公司
印 刷 上海中华商务联合印刷有限公司

开 本 890mm×1240mm 1/16
印 张 15.25
插 页 4
字 数 455 000
版 次 2008 年 12 月第 1 版
印 次 2008 年 12 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5345-6315-7
定 价 98.00 元(精)

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

我国西南部山区拥有极为丰富和十分复杂的植物区系,仅云南一省就有 18 000 种维管植物;在四川成都平原西缘的名山峨眉山的一座山上竟有近 3 000 种维管植物。多年来由植物分类学家所做的研究表明,我国西南部山区是不少科、属的分布中心,或者不少科、属的原始群就分布在这个地区。在这方面,从我自己研究过的几个科、属中也有不少体会。

从 1956 年起,我开始研究我国的毛茛科,发现此科原始属之一的金莲花属 *Trollius* (分布于亚欧大陆温带)的原始种——云南金莲花 *Trollius yunnanensis* 就分布于横断山区。和此属亲缘关系相近的鸡爪草属 *Calathodes* 有 4 个种,其原始种黄花鸡爪草 *Calathodes palmata* (蓇葖果无突起)分布于我国西藏东南部和锡金一带;在其他 3 个进化种(蓇葖果在背缝线上有一个突起)中,有 2 个种产于云南、贵州、四川和湖北西部;第 4 个种间断分布在我国台湾省高山地带。1962 年,我发表了我国毛茛科翠雀花属 *Delphinium* (广布北温带,少数种分布到非洲)的分类学修订,这个工作说明横断山区是此属的分布中心,同时发现了此属包括 5 个种的原始群——短距翠花组 *Sect. Aconitoides*,此原始群也分布于横断山区。从 1996 年起,我开始研究世界上的毛茛科铁线莲属 *Clematis* (约有 350 种,广布世界各大洲)。到 1999 年,我观察完此属绝大多数种植物的标本之后,根据有关重要形态特征演化趋势的研究,认识到此属的绣球藤组 *Sect. Cheiropsis* 是此属的原始群,以及此组的绣球藤 *Clematis montana* 等 5 个种主要分布在横断山区,只有绣球藤 1 个种由横断山区向西分布到喜马拉雅山区,向东分布到台湾省高山地带。此外,我还看到此属的尾叶铁线莲组 *Sect. Viorna* 以下几个种的地理分布情况:此组共有 72 种,广布于北温带,我国西南部山区是其分布中心;其中的合柄铁线莲 *Clematis connata* 从横断山区向西分布到喜马拉雅山区;长花铁线莲 *Clematis rehderiana* 由横断山区向西分布到不丹一带,产自喜马拉雅山中部的 *Clematis roylei* 和产自印度东南部的 *Clematis jeypurensis* 可能是由它分化而出的一对姊妹群;分布于非洲大陆的包含 2 个种的此组进化群,大

花铁线莲系 *Ser. Grandiflorae* 可能是由分布于云南更古老的种分化而来。此外,我在 20 世纪 70 年代末研究了我国蕁麻科楼梯草属 *Elatostema*, 看到了与毛茛科不同的一些地理分布情况。此属约 350 种, 分布于大洋洲、亚洲和非洲的热带地区, 过去知道东南亚群岛是此属的分布中心, 经过我的研究揭示出我国西南部和相邻的广西、云南东南部和贵州南部的岩溶地区是此属的又一个分布中心, 同时在此中心发现了此属的原始群——疏伞楼梯草组 *Sect. Pellionioides* (包含 10 种)。楼梯草属的特征是其花序为头状花序, 有花序托, 在花序边缘有总苞, 这种构造与菊科的头状花序很相似, 不同的是花序托上生长的花是离心发育的, 而在菊科的头状花序中, 花是向心发育的。上述疏伞楼梯草组的 10 种植物的雌花序是头状花序, 但是其雄花序却是正常分枝的聚伞花序, 无花序托, 苞片互生, 不形成总苞。

看到上述科、属的原始群在我国西南部出现的情况以及从有关科、属专著中记载的类似情况, 我常常想到我国西南部现在的丰富植物区系是如何形成的? 这个地区的植物区系在过去地质历史时期中会是什么样子? 今天我看到李承森教授等古植物学家编著的《中国植被演替与环境变迁(第一卷 云南晚新生代植物和气候)》一书样稿, 看到作者根据地质时期印度板块和亚洲板块碰撞发生的巨大变化, 以及对有关地区化石植物群的深入研究, 提出了有关喜马拉雅山区植物区系迁移的论断, 解决了我脑海中过去存在的一些问题, 感到非常高兴。由此, 我才进一步认识到古植物学的重要性, 要搞清楚植物区系和植被的发展历史, 要搞清楚任何分类群的系统发育历史, 必须收集到相当充分的化石标本, 进行深入的古植物学研究, 才有可能使上述诸方面得到了解。

李承森教授等十数位专家费时十年, 跑遍了云南高原南北多处化石点, 不畏艰险, 不辞辛苦, 收集到大量化石标本和孢粉样品, 以及相关的现代植物标本, 然后对化石植物的营养和生殖结构进行分析和研究, 对有关地层和古环境进行分析, 最后, 完成了这部揭示我国西南部植物演化和植被演替的巨著, 对我国植物区系发展历史研究方面做出了重要贡献。在此, 我谨向本书作者们表示我衷心的祝贺, 并祝愿本书早日问世。

中国科学院院士

王文采

2008 年 11 月 26 日

我们人类生活的这个地球以每小时近 1 700 千米的速度（大约是波音飞机速度的 2 倍）自西向东旋转，这种不间断的旋转已经持续了约 46 亿年。位于宇宙之中的地球在太阳系各种能和力的耦合作用下，以其自身旋转所产生的巨大能量制造出无数次天翻地覆的地质构造运动，导演出一幕幕惊天动地的地质历史事件。众所周知，地幔之上的板块运移导致了火山爆发，引发了强烈地震，改变着沧海桑田，推动了山川巨变。巡视所有这些发生在岩石圈、大气圈、水圈和生物圈里的地质历史事件，可以说生命演化是地球上最富于活力和最经久不衰的一幕。

回顾生命发展的大约 35 亿年的漫长历程，浩瀚无边的海洋不仅是生命诞生的摇篮，更是孕育生物演化长达 31 亿年的有声有色的舞台。地球早期大气中含有高浓度的二氧化碳和低水平的氧气，而海洋中绿藻的诞生和发展从根本上当然是逐步地改变了这个状态。到了距今大约 4 亿年前，大气中的二氧化碳的浓度降到只比今天高约不到 20 倍，而氧气含量上升到接近现今水准。氧气在太阳紫外线作用下产生了臭氧，而大气臭氧层的形成又有效地减低了紫外线对生物的伤害作用。在此宏观背景下，随着海陆变迁，海洋中的藻类成功登上陆地，成为最早的陆地植物——这是一群无叶、无根、结构简单但是具有光合功能、生命力旺盛的植物。它们是荒芜大地的垦荒者、绿色世界的缔造者和陆生生物的开拓者，从此谱写了生物演化过程中由水登陆的辉煌一章。

生物演化的本质是生物遗传物质和外部环境的辩证统一。如果没有生物界所具有的丰富多样的遗传物质，就无从谈起生物演化；但是，如果没有复杂多变的外部环境，也就没有了生物演化的驱动力，当然也就不会产生如此丰富多彩的生物类群，更不会有今天的魅力无比的大自然。最早陆地植物和随后登陆的最早陆地动物，以及微生物构成了地球上的最早陆地生态系统，相对于海洋稳定的水生环境来说，陆地生态环境更为残酷。4 亿年以来，正是这种复杂而又残酷的自然条件成为陆生生物蓬勃发展的外在驱动力。

陆生生物以其充满活力的自身遗传物质作为基础,从最简单的早期陆地植物发展演化出生物多样性极其丰富的高等植物类群;陆地上的动物也同样演绎出各个门类从诞生到兴旺发达、衰落和绝灭,或者复苏的一幕幕悲喜交加的故事剧。

人类是地球上生命演化高级阶段的产物。人类来到这个地球上只不过几百万年的时间,相对于地球 46 亿年的沧桑岁月和生物演化 35 亿年的漫长历程,人类与地球相处只不过是短短的一瞬间。然而,人类的活动却在无知中极大地伤害了大自然。地球上自然资源的过度开发和消耗,破坏了生态平衡;化石燃料的过度使用,增高了大气中温室气体的含量,引发了一系列的恶性事件,地球升温、冰川融化、海平面升高;局部地区环境的进一步恶化直接或间接影响到全球变化。生活在日趋恶化的环境里,我们开始醒悟和不断反省。人类虽然是当今地球上最高级的生物,但是,如果我们不能够善待大自然,不能够与大自然和谐相处,共同发展,不能保护自然资源,不能保护生态环境,也就是说我们不能够保护自己的母亲,那么必将会得到大自然的无情惩罚和抛弃。

保护大自然,保护她的生物多样性,保护她的资源,保护她的环境,就是保护人类自己,保护人类的未来。而所有有效的保护必须建立在对大自然的科学认识和深刻理解的基础上。我们不仅要保护今天的大自然,更需要让大自然恢复其本来的健康。因此我们需要进一步研究、认识和理解人类诞生之前的自然界中生物生息不止的发生发展过程和规律,以指导我们的理念和行为。为此,我们需要致力于全球变化的研究,更需要致力于全球历史变化的研究。因为不知道过去,就不会理解现代,更无法预见未来!

与人类生存发展关系最密切的是 6 500 万年以来的新生代时期。这是一个全球大气二氧化碳浓度在长时间尺度上逐渐降低,同时全球温度也逐步降低,最后进入冰期和间冰期的时代,一个陆地上被子植物取代裸子植物成为植物界主宰的时代,一个哺乳动物取代爬行动物成为动物界主宰的时代,更是一个在此基础上人类诞生和发展的时代。

在距今 2 000 万年前后,南极开始形成冰盖,到了第三纪后期,北极冰盖也开始形成。新生代时期发生的喜马拉雅山的隆升和青藏高原高寒地带的形成,进一步影响了全球变化。青藏高原和喜马拉雅山的形成与印度板块的运动密不可分。1.2 亿年以前,地球上的联合古陆逐渐解体,从冈瓦纳古陆分离出来的印度板块慢慢向北运动。经过几千万年的时间,印度板块穿过赤道后,在白垩纪晚期与亚洲板块相撞,位居两个板块之间的古地中海(特提斯海)随之逐渐缩小面积,到渐新世时期消失。印度板块刚性地体在地球自身动力的作用下插到另一个刚性地体亚洲板块之下。这两个巨大板块相互作用,日积月累,年复一年,在韧性和刚性的较量中,不断的地质构造运动,持续的抬升和夷平,总面积约 250 万平方千米的青藏高原慢慢地隆升起来,平均海拔达到 4 000 米以上;8 844 米的世界屋脊珠穆朗玛峰高入云天,成为与南北极相媲美的世界第三极。南极、北极和青藏高原的相互作用和影响成为近代全球气候变

化的驱动力之一。

青藏高原的隆升,逐渐改变了北半球大气以西风环流为主的基本格局,导致亚洲季风在渐新世前后形成,并逐步加强,成为影响亚洲地区环境变化和生物演化的主要气候因素。中国的地形地貌也由原来东高西低的状态,逐渐演变成了今天的由西向东依次为高原、丘陵和平原3个阶地的总体格局。

地处我国西南边陲的云南,与缅甸、老挝和越南接壤。云南与贵州共同构成云贵高原,平均海拔在2000米左右。云南与四川同属于青藏高原的东缘区域,横断山一脉相承。云南的疆域从北纬21°到北纬29°,纵深8个纬度。云南的地形从西北向东南倾斜,从高达6740米的卡瓦格博峰到低至76米的元江河谷,重峦叠嶂,沟谷深壑,江河湖泊,气象万千。云南的气候呈现热带、亚热带、温带和高山寒带等多种类型。云南多样的地形地貌造就了千姿百态的自然景观,梅里皑皑雪山、元谋干热河谷、三江壮丽景观、版纳热带雨林。云南复杂的立体地形和独特的立体气候不仅孕育了物种类群丰富的植物王国,而且形成了典型的植被垂直分带的现象。

第四纪冰期到来时,由北极南下的冰川经过长途跋涉之后,在翻越我国东西向分布的诸多山脉后到达西南地区。此时的冰川已经雄风不再,成为强弩之末,多残留在西南高山之上成为山地冰川。印度板块和亚洲板块相互作用造成的位于青藏高原东南缘的南北向伸展的横断山脉,自然而然成为印度洋暖湿气流北上的通道,给我国西南地区带来充沛的降水。当大量第三纪植物在北半球大部分地区遭遇冰川封杀的时候,北上的印度洋暖湿气流和逐步减弱的冰川影响,使相当一部分第三纪植物在此区域得以保存和繁衍,构成云南植物王国的历史基础。云南现有高等植物有1.8万多种,超过全国高等植物总数的一半。其中兰科植物近100属530多种,蕨类植物1500多种。山茶、报春、杜鹃、龙胆、兰花、木兰、百合、绿绒蒿等八大名花誉满中外,云南成为我国当之无愧的绿色王国和花卉王国。

早在20世纪40年代,我们的导师——已故徐仁院士在西南联大工作期间就已经开始对云南化石植物进行研究,也曾两次赴印度留学,广泛开展国际合作。我们研究组自70年代末开始,首先是对云南早期陆地植物进行研究,通过十余年对曲靖和文山地区早期陆地植物的采集和研究,取得了丰硕成果,这些成果于1994年获中国科学院自然科学二等奖和1997年获国家自然科学基金三等奖。从1998年开始,我们在老一辈科学家对云南化石植物长期研究的基础上,展开对云南新生代植物的多学科交叉的综合研究。我们一方面关注植物界自身的演化,探讨云南植物多样性形成和发展的过程与规律,及其导致云南植物王国产生的机理;另一方面注意植被与环境之间的内在联系,试图探讨青藏高原隆升和喜马拉雅山形成对西南地区植物演化和植被演替的影响与作用,以及通过可以收集到的各方面的信息和资料,探讨和认识地质历史时期西南地区自然环境的改变,西南季风的形成等引人关注和饶有兴趣的科学问题。

在过去的10年里,为了翔实地获取研究材料,我们研究组多次到云南中西部地区开展野

外工作。我们的足迹到达楚雄州的元谋和南华县,迪庆州的中甸县,大理州的大理、剑川和洱源县,保山地区的保山、腾冲和龙陵县,德宏州的梁河和陇川县,以及西双版纳和思茅等地区的植物化石产地和具有代表性的现代植被分布区。在当地政府和人民,以及从事现代和古代植物研究的同行们的大力支持下,高效地开展野外地质工作,测量地层剖面,收集地层学和沉积学方面的资料,采集各类植物的化石标本和孢粉样品,为实现我们的研究目标奠定了扎实的基础。为了更好地认识和理解地质历史时期植物的生长、发育和繁衍后代的过程和机制,我们同时对相关的现代植物种类的分布和生态也做了野外调查和标本采集,收集现代植物的相关信息和资料,以便开展对比研究。

回到研究室后,我们集中精力对化石植物的营养和生殖结构进行分析和研究,包括对植物叶片、木材、果实、种子、花粉进行综合研究,同时也对相关地层和古环境进行分析。正如徐仁先生生前曾经多次教导我们的,我们是研究古生物,不是研究古死物。虽然我们看到的是过去曾经生活在地球上的植物遗留的标本,不能够同今天的活植物直接相比,但是,这些标本中蕴藏着许许多多的生物信息,我们需要用生物学的思想来认识它们,用生物学的方法来研究它们,从而获得对历史时期植物界真貌的认识和原貌的恢复。唯有如此,才有可能正确认识和深刻理解当今植物界的发生和发展。

相对于可以快速迁移的动物来说,植物个体的长距离迁移通常是十分困难的,尽管植物的居群或者种群在长时间尺度上的迁移还是有可能的。当重大自然灾害(包括自然环境和气候条件的改变)突然降临的时候,动物会通过逃逸的快速反应,达到趋利避害的目的,但是,植物往往做不到。如果这种灾害持续的时间比较长(百年、千年甚至万年以上),植物或者通过居群或者种群的慢慢迁移,转移到适合自己生存的区域继续发展;或者通过自身形态、结构和生理功能的改变演化成为新的类群,以适应改变了的生存环境而保留在原地;或者以死亡来响应环境的改变,那么无论哪一种情况,植物都会在沉积地层里留下化石遗迹或者(现代植物的)考古遗存。而这些遗迹和遗存不仅包含了大量生物信息,更包含了大量环境信息,为我们研究地质历史时期或者人类历史时期的环境和气候变化提供了可能和条件。

本书有一半工作是研究、认识和理解我国西南地区的植物演化和植被演替的过程和规律,另一半工作是通过化石植物所能够提供的一系列环境信息,来揭示古地理、古环境和古气候发生发展的过程和规律。

在重建一个已经消失的植物群,或者恢复一个地区的古植被后,我们可以依据这个植物群或者这个植被的组成成分来认识当时当地的生态和环境,定性地恢复古气候。当今国际上对古气候的研究逐步走向定量阶段。在地球物理和地球化学研究古气候方面,通过对氧、碳同位素、冰芯、石笋、粉尘、沉积物的组成和粒度等的研究,可以定量地告诉人们历史时期的环境和气候变化。当然,作为环境指示标志的植物不仅在定性研究古环境和古气候方面有着它的优势,而

且在定量恢复古气候方面同样有着不可替代的作用。

植物叶片的形态特征与其所生长区域的气候之间存在一定的相关性,依据这种相关性,对地层中发现的化石叶片进行详细的形态学特征的统计,进一步根据已经建立的叶相分析数据库和已有模型,可以获得当时的古气候参数,这就是目前国际上流行的依据化石植物叶片的形态特征所提出的叶相分析法。如果我们能够确认化石植物的最近现代亲缘类群或者最近现代对应类群,我们就可以依据这些现代植物类群生存环境的气候数值,获得它们的共存区间,这个共存区间的气候数值就可以作为古气候参数,这也是目前国际上正在尝试的定量恢复古气候的共存分析法。在我们的工作中,我们努力实践这些方法,并在过去十多年的工作中,也提出了特有植物类群气候分析法和植物分布区叠加分析法,前者是根据我国特有植物类群比较丰富的特点提出的,后者是对共存分析法在运用中的补充和发展。

为了深入理解和认识青藏高原在新生代时期对全球变化的影响,以及保证我们的研究工作能够取得较高水准的成绩,我们与英国、奥地利、德国、印度、泰国和尼泊尔等国科学家围绕喜马拉雅山地区的植物演化和环境演变的研究开展了广泛的交流和真诚合作。我们研究组的成员6次到印度,与印度萨尼古植物研究所、加尔各答大学和阿伽喀研究所的同行一道开展对喜马拉雅山南坡、印度平原、印度南部的东高芷山脉和西高芷山脉,以及漫长海岸带的考察。在野外期间,我们特别考察了热带干旱草原、热带雨林、红树林和农耕地区的植被。印度之行既丰富了对印度植被和环境的认知,又为寻求和获得双边合作的兴趣点提供了机会。

所有研究成果的获得,首先,应该归于对科学问题的认识和凝练,以及解决这些科学问题的恰当研究方法的寻找和确定。当然,科学问题的提出是本学科领域长期实践的结果,离不开前人的努力和知识的积累。其次,一支精干的研究队伍包括各国同行间的精诚合作是成功开展研究的基本条件。艰苦的野外考察和精细的实验室分析,以及对问题的理解、讨论和升华又是成功的基本保障。科学不是先验,而是后验,也许一项研究结束后,我们才发现所获得的结果并不是开始时所设计和企盼的。我们只有不断地修改和完善研究思路和研究方法,以及调整研究计划,经过长期不懈的努力和积累,才有可能最终达到我们的目标。

本书是多年研究成果的阶段性总结,在研究过程中得到多项基金的资助和支持,分别是国家自然科学基金(39770054、30070056、30470117、30500034、30530050、40302005、40572109)、国家重点基础研究发展(973)计划(2004CB720205)、中国科学院重大项目(KZ51-B1-105)、中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-10-01、KZCX2-SW-118)。同时,得到中国科学院植物研究所系统与进化植物学国家重点实验室团队项目资助。

野外工作的参与人员和给予支持的相关单位和同仁有中国科学院植物研究所宋书银、云南昆明市园林研究所焦瑜、楚雄州吕合煤业有限责任公司等;在研究工作中给予指导和支持的相关单位和同仁有中国科学院植物研究所杜乃秋研究员、刘长江研究员、朱为庆研究员等,云

南地质科学研究所戈鸿儒研究员,中国林业科学院木材工业研究所姜笑梅研究员、杨家驹研究员,中国科学院昆明植物所吴征镒院士、周俊院士、李德洙研究员、孙航研究员、周浙昆研究员、赵友兴博士等,在此我们表示诚挚的感谢!

各章节撰写人员如下:

第一章:李承森、李代芸、寇香玉;

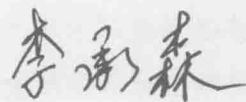
第二章:徐景先、赵良成、袁铁梅、马清温、王宇飞、张玉玲、李承森;

第三章:袁铁梅、徐景先、程业明、寇香玉、李承森;

第四章:宋晓彦、姚轶锋、李承森;

第五章:宋晓彦、姚轶锋、李承森;

第六章:李承森、Mehrotra、刘秀群、姚轶锋。



2008年10月

第一章 概述	1	3.1.3 古植被和古气候	54
1.1 云南现代自然地理概况	1	3.2 元谋化石木群	55
1.2 云南晚新生代区域地质概述	2	3.2.1 化石产地概况	55
1.3 云南第三纪植物研究	3	3.2.2 植物群组成	57
1.3.1 植物群研究	3	3.2.3 古植被	67
1.3.2 孢粉研究	3	3.2.4 古环境和古气候	69
1.4 古气候重建的生物学方法	3	3.3 羊邑植物群	70
1.4.1 运用生物学方法重建气候的进展	3	3.3.1 化石产地概况	70
1.4.2 植物的耐受性理论 (Theory of tolerance)	5	3.3.2 植物群组成	72
1.4.3 共存分析法	8	3.3.3 古植被	75
第二章 中新世植物群与环境	11	3.3.4 古气候	75
2.1 吕合植物群	11	3.4 龙陵植物群	76
2.1.1 化石产地概况	11	3.4.1 化石产地概况	76
2.1.2 植物群组成	13	3.4.2 植物群组成	78
2.1.3 古植被	23	3.4.3 古植被	88
2.1.4 古气候	23	3.4.4 古气候	89
2.2 陇川果实和种子植物群	24	3.5 洱源植物群	89
2.2.1 化石产地概况	24	3.5.1 化石产地概况	89
2.2.2 种子和果实植物群组成	25	3.5.2 孢粉植物群	90
2.2.3 古植被	32	3.5.3 古植被	94
2.2.4 古环境和古气候	33	3.5.4 古气候	94
2.2.5 芒旦植物群与滇西其他化石植物 群的比较及其时代的探讨	34	3.5.5 羊邑、龙陵、洱源古植被与 古气候比较	94
第三章 上新世植物群与环境	36	第四章 第四纪植被与环境	98
3.1 寻甸金所化石木群	36	4.1 研究点概况	98
3.1.1 化石产地概况	36	4.1.1 地理位置、现代植被与气候	98
3.1.2 植物群组成	37	4.1.2 研究材料与方法	99
		4.2 孢粉植物群	100
		4.2.1 拉市海	100
		4.2.2 文海	103

4.2.3 哈里谷	106	第六章 中国西南地区与印度东北部地区 第三纪植物群对比及其与 喜马拉雅山隆升的关系	124		
4.2.4 属都湖	109				
4.3 古植被和古气候	110			6.1 化石植物的记录	124
4.3.1 拉市海	110			6.2 喜马拉雅山地区植物的迁移	142
4.3.2 文海	112			Chapter 1 Introduction	144
4.3.3 哈里谷	113			Chapter 2 Miocene Flora and Environment	146
4.3.4 属都湖	113			Chapter 3 Pliocene Flora and Environment	150
4.3.5 滇西北约25 381 aBP以来的古植被与 古气候变化	113			Chapter 4 Vegetation and climate change during the Quaternary in NW Yunnan	159
第五章 现代花粉雨与植被	116			Chapter 5 The study on the relationship between modern pollen rain and local vegetation	165
5.1 采样地概况	116			Chapter 6 Comparison of the Tertiary flora of Southwest China and Northeast India and its significance in the antiquity of the modern Himalayan flora	171
5.1.1 蜘蛛网采样点地理位置与当地植被	116			主要参考文献	175
5.1.2 文笔水库地理位置与当地植被	116			附录	186
5.1.3 研究材料	119				
5.2 现代花粉雨分析	119				
5.2.1 蜘蛛网与孢粉	119				
5.2.2 文笔水库区域天然捕集器与孢粉	121				
5.3 花粉雨与植被	122				
5.3.1 蜘蛛网捕集的花粉与植被	122				
5.3.2 文笔水库天然捕集器捕集的 花粉与植被	123				
5.3.3 初步结论	123				

第一章 概述

近半个多世纪以来,随着全球环境的日益恶化,气候和环境问题已愈来愈被人类所重视,人们比以往任何时候都迫切希望了解全球环境的变化过程、变化规律和未来的发展趋势(张兰生等,2000)。对地质历史时期环境事件的了解,能为我们研究现在的和预测未来的环境变化提供有价值的资料。自从研究全球变化的“国际地圈-生物圈计划”(IGBP)提出以来,研究“古全球变化”(PAGES)成为全球变化研究的重要组成部分,也是IGBP的核心计划之一。其主要研究内容是通过自然记录来认识地球过去的气候、环境和生态历史(周德全,2006)。

近年来的研究表明,全球环境演化历程中许多重大事件的根源集中在亚洲地区,其中青藏高原的隆升被认为是全球晚新生代气候变化的重要因素,对季风的形成和环境的变化,以及对西风环流的行为都有着重要影响;同时对青藏高原周边地区和全球的自然环境都产生了深刻影响。高原的隆升及其对周围环境的影响是当今青藏高原研究中的热点(施雅风等,1998)。

第四纪是与人类最接近的一段时期,其间发生的气候变迁对人类的影响最大,所以一直颇受关注。对第四纪气候的研究已经取得令人鼓舞的成果,但是,为了更好地了解当今的气候系统,同时能够预测未来的气候变化趋势,我们需要全面认识历史上气候变化的转变过程。云南地处我国西南边陲,东与贵州省和广西壮族自治区毗邻,北面是四川省,西北面与西藏自治区相接,西部和西南部与缅甸接壤,南面和东南面是老挝和越南。全省面积约为394 000平方千米,位于北纬 $21^{\circ}9' \sim 29^{\circ}15'$ 、东经 $97^{\circ}39' \sim 106^{\circ}12'$ 之间。云南植被的形成及其特点,首先受到青藏高原巨大隆起的影响,同时又受到周边不同植被区的影响。云南的东部和北部是处于东亚季风影响下的亚热带常绿阔叶林区域,西南部与南亚次大陆的季风热带区相邻,云南西北部属于青藏高原的东南缘,而云南的南面和东南面则与东南亚的季风热带雨林区相连接。对这个区域的植被和环境进行深入研究,可以更好地理解青藏高原隆升对周边环境的作用和影响,揭示植被演替和环境变迁的过程和规律。鉴于云南特殊的地理位置,它成为研究青藏高原隆升对周围地区环境影响的理想区域。

1.1 云南现代自然地理概况

云南位于北半球低纬度带,欧亚大陆的东南部,地处亚洲南部三大自然地理区域——青藏高原区域、东亚季风区域和中南半岛季风热带区域——相互连接的部位。其地势从西北向东南倾斜,起伏较大。全省地形以不同海拔高度的高原面为主体,含有高原面以上的高耸山地、古夷平面-高原面、剥蚀面、河谷和盆地等5大类地貌。不同地形的镶嵌构成错综复杂、多种多样的地貌组合(冯志舟等,1998;云南植被编写组,1987)。

云南气候以其低纬度的地理位置和北回归线在其中部偏南横贯东西的地理特点,形成典型的季风气候:冬季盛行干燥的大陆西风急流,夏季由湿润的海洋季风所控制。境内具有从南到北的北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖温带、寒温带和高山寒带7个气候带,是中国自北纬 $18^{\circ} \sim 42^{\circ}$ 气候带的缩影。云南的立体地形最终造成云南独特的立体气候(云南植被编写组,1987;中国科学院昆明生态研究所等,1993)。

云南处于泛北极植物区和古热带植物区的过渡线上,又处于中国-喜马拉雅森林植物亚区和中国-日本森林植物亚区的过渡区。双重过渡区的位置,使各个区的不同植物种群在此汇聚、交流和孕

育,从而产生了丰富的植物资源,使云南成为世界上植物多样性最为丰富的地区之一(云南植被编写组,1987)。

1.2 云南晚新生代区域地质概述

云南现今复杂的地势地貌,独特的气候,丰富的植物种类和多样的植被类型,是经历了长期地质构造运动和自然环境演变的结果。

云南第三纪时期的地壳构造运动异常活跃。第三纪大陆板块运动导致印度板块与亚洲板块的对接和碰撞,引发了3次喜马拉雅造山运动,它们分别发生在中始新世末(约40 MaBP)(MaBP, Million year before present, 百万年之前)、渐新世末期或中新世早期(约22 MaBP)和上新世末期(约3.4 MaBP)(云南省地质矿产局,1990;郑度等,1999;施雅风等,1999)。受喜马拉雅造山运动的影响,滇西高原的形成也经历了3个地质构造阶段:中新世以前为挤压-褶皱隆升阶段;中新世至上新世早期为构造运动平静阶段,即准平原化阶段,山地遭受剥蚀夷平,湖盆内接受沉积,地形平坦;上新世晚期-更新世初期为强烈隆升阶段,准平原被抬升,经剥蚀作用,滇西高原形成(张绪教等,1996)。

云南第三系均为陆相地层,广泛分布于古生代褶皱区的200多个互不相连的中小型盆地及中、新生代断陷和拗陷型山间盆地中。除上新统下部全区缺失和中新统上部仅个别地区发育外,其余各时代地层皆有不同程度的发育,其中所含生物化石丰富。云南省地质矿产局(1990)将云南第三系划分为滇西和滇东2个地层区和8个地层分区(表1-1)。

表 1-1 云南第三系各区地层划分表(云南省地质矿产局,1990)

Table 1-1 Tertiary stratigraphic sequence in Yunnan

地区	地层	云南第三系典型层序	滇西地层区				滇东地层区				
			腾冲-瑞丽分区	保山-澜沧分区	兰坪-思茅分区	中甸-丽江分区	元谋-楚雄分区	昭通-东川分区	昆明-开远分区	文山-富宁分区	
上第三系	上新统	上 昭通组	芒棒组	羊邑组	福东组	三营组	沙沟组	昭通组	茨营组		
		下									
	中新统	上 石灰坝组					石灰坝组				
		中 小龙潭组							小龙潭组		
		中 双河组	南林组	勐旺组		双河组					花枝格组
	下 三号沟组			三号沟组							
	渐新统	上 (待定)									
		中									
		下 蔡家冲组		珠山群	勐腊群				蔡家冲组		砚山群
									小屯组		
								路美邑组			
下第三系	始新统	上 路美邑组				丽江组					
		下 果郎组			果郎组	高拉村组	赵家店组				
	古新统	上 云龙组			云龙组						
		下 勐野井组		木瓜河组	勐野井组	宁蒗组	元永井组				
		中									
下伏地层	上白垩组	γ_5^1	C_3	K_1, K_2	T_2	K_2	T	T	T		

1.3 云南第三纪植物研究

云南第三纪地层含有丰富的植物化石,以被子植物为主,裸子植物和蕨类植物较少(云南省地质矿产局,1990)。已经发现的植物化石主要集中在晚第三纪时期,早第三纪时期的植物化石记录较少。李文漪(1998)认为,早第三纪时期云南地区受到剥蚀与夷平,形成准平原,可能是此时期化石记录较少的原因之一。

1.3.1 植物群研究

云南第三纪植物的研究始于20世纪初期,法国人诃兰尼(Colani)(1920)对云南弥勒地、羊街子(可保村)、白石街、白家庄、盐范庄、多塘等6个化石产地进行了调查,但是仅对多塘和弥勒地两个地点的化石植物群进行了较详细的研究。多塘植物群中被子植物占多数,以壳斗科栎属为主,其次是胡桃科和樟科。弥勒地植物群以壳斗科栎属和豆科为主。这两个植物群初步反映了亚热带气候类型。

20世纪60年代以来,前人对云南第三纪渐新世至上新世各个时期植物群的研究,包括对化石产地地层时代的认识、对植物群组成成分的系统描述、对古植被类型以及对古气候的分析都有了新进展。目前积累的资料包括渐新世的沧源和景谷植物群(中国新生代植物编写组,1978),中新世的宜良多塘和剑川植物群(中国新生代植物编写组,1978),中新世晚期-上新世早期的腾冲(陶君容和杜乃秋,1982)、临沧(陶君容和陈明洪,1983)和小龙潭植物群(中国新生代植物编写组,1978;周浙昆,1985),上新世的兰坪(陶君容,1986)和洱源植物群(陶君容和孔昭宸,1973)。

1.3.2 孢粉研究

云南第三纪孢粉植物群的研究主要从20世纪70年代开始,以晚第三纪孢粉研究为主,包括景谷第3孢粉组合带(宋之琛和钟碧珍,1984),景谷昔喷河剖面(张绪教等,1996),昆明松华盆地(李文漪和吴细芳,1978),小龙潭(王伟铭,1990;王伟铭,1996),昭通(宋之琛,1988),禄丰第2孢粉组合带(孙湘君和吴玉书,1980),宝秀盆地(侯蜀光和李季,1993),保山羊邑、景东马关桥、中甸尼西(张绪教等,1996),楚雄吕合(徐景先等,2000)和元谋盆地湾堡甘棠组(刘耕武等,2002)等的研究工作。早第三纪孢粉资料很少,仅有古新世滇南勐腊地区(宋之琛和李曼英,1976)和渐新世景谷第1、2孢粉组合带(宋之琛和钟碧珍,1984)的研究工作。依据孢粉植物群的组成,前人对相关的古植被和古气候进行了分析,同时对所涉及的地层时代问题也进行了探讨。

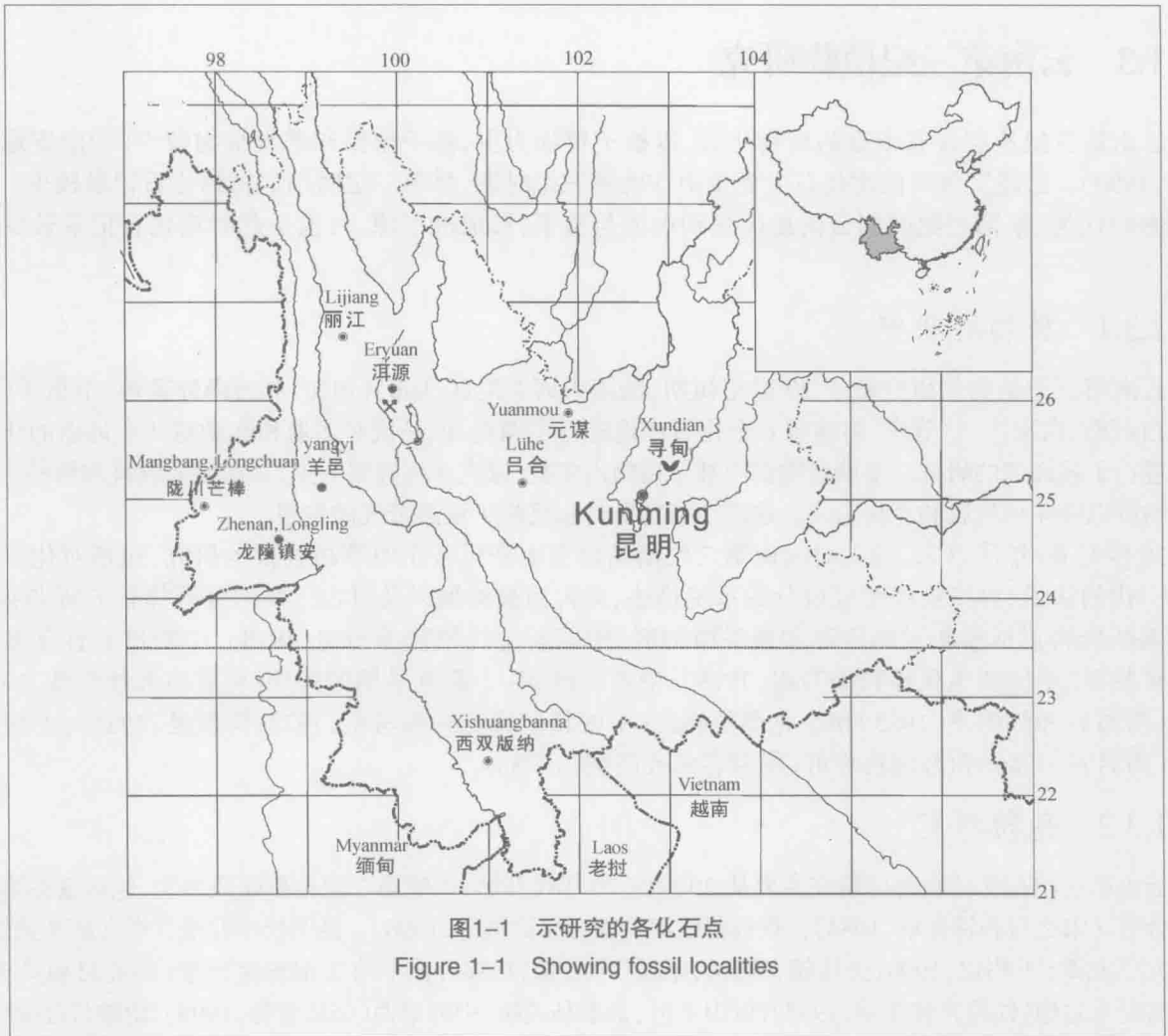
从1998年开始,我们陆续开展了对云南晚新生代植物和孢粉以及地表植被与孢粉沉积关系的研究(图1-1),取得初步成果。

1.4 古气候重建的生物学方法

1.4.1 运用生物学方法重建气候的进展

自工业革命以来,特别是近50年以来,人们开始认识到人类自身的活动已经严重影响了自然环境,并有使自然环境向恶性方向发展的趋势。人类正在以各种连自己还没能认识得很清楚的方式,根本性地改变着使生命在地球上得以生存的各种系统和环境。同时,人类生态系统对自然环境的变化高度敏感,自然的任何变化都会对人类的生存和发展产生影响甚至构成威胁,人们比以往任何时候都迫切希望了解整个地球环境的变化规律(张兰生等,2000)。在此背景下,以预测未来人类生存环境为目标的全球变化研究应运而生。

对过去发生的事件及过程的了解,能为我们研究现在的和将来的环境变化提供有益的帮助。整个地球的历史是一部岩石圈、大气圈、水圈(包括冰冻圈)和生物圈之间相互作用并不断变化的历史(Williams et al.,



刘东生等编译,1997;李小强,2002)。在研究全球变化的“国际地圈-生物圈计划”(IGBP)中,“古全球变化”作为核心计划之一,其重要的工作就是研究古气候。

对气候而言,人类的观测记录是有限的,因此研究古气候,各种代用指标就显得非常重要。常见的代用指标主要有深海记录、冰芯记录和石笋记录等。随着研究的深入,定性的古气候描述由于具有难以与其他同期研究结果以及现代气象记录进行直接对比的缺点,难以满足研究的实际需要,因而定量的古气候研究方法不断产生(李承森等,2001;李承森等,2003)。20世纪70年代以来, $\delta^{18}\text{O}$ 测定技术的发展,使得量化的古气候研究蓬勃发展,它揭示了海水表层和底层温度变化的历史(Utescher et al., 2000; Zachos et al., 2001)。

相比之下,由于水和岩石的比热性质不同,陆地气候变化更为剧烈,其区域性质更为明显,同时在代用指标的解译方面也存在很多难以解决的问题,所以定量研究陆地古气候要困难得多(Mosbrugger and Utescher, 1997)。

植物与环境之间有着密切的相互关系。一方面,植物个体的生活、物种分布和群落特征都深受环境制约;另一方面,良好的植被条件也起到了涵养水源、增加湿度、防止水土流失等重要作用,在一定程度上植物也在影响所生存的环境,这成为我们植树造林、绿化环境的主要理论依据。同时,我们也应该看到,由于植物与环境是协同发展变化的,自然界发生的变化通常也在植物群体或个体上留下痕迹,这些痕迹通常能很好地反映地方乃至全球规模的自然环境空间差异和时空演变(武吉华等,2004)。因此,植物地理学专门研究植物在地理环境中的分布,包括植物区系地理和植被地理两个方面。