

木兰科(Magnoliaceae)的起源、进化和地理分布

刘玉壶 夏念和

杨惠秋

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650) (中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

摘要 木兰科为亚洲-美洲间断分布科, 全世界有15属, 246种, 主要分布于亚洲东南部的热带、亚热带地区, 从喜马拉雅至日本, 向南达新几内亚及新不列颠; 少数种类分布于北美东南部、中美至南美巴西。中国有11属, 约99种。木兰科的现代分布中心在东亚-东南亚地区。根据木兰科的化石记录、系统发育和现代分布, 推测其起源时间为早白垩纪, 甚至更早。起源地可能在中国的西南地区, 并由此向外辐射, 向东经日本、俄罗斯远东地区经白令陆桥进入北美; 向西经西亚、欧洲, 通过格陵兰进入北美, 然后到达南美; 向南经印度支那、马来西亚, 直至新几内亚。东亚-北美间断分布的形成是受第四纪冰期的影响; 南美的木兰科是从北美迁移而来。

关键词 木兰科; 地理分布; 起源

THE ORIGIN, EVOLUTION AND PHYTOGEOGRAPHY OF MAGNOLIACEAE

Liu Yuhu Xia Nianhe

(South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650)

Yang Huiqiu

(Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica, Lanzhou 730000)

Abstract Magnoliaceae is a widespread family in tropical, subtropical and warm-temperate regions, especially in East and Southeast Asia, southeast of North America, Central America and the north part of South America. There are 15 genera and about 246 species in the world, 11 genera and 99 species in China. East and Southeast Asia is the centre of recent distribution of Magnoliaceae.

According to the evolutionary tendency of the characters and the geographical distribution of this family, we propose a new system by dividing it into two subfamilies, Magnolioideae and Liriodendroideae Law; two tribes, Magnolieae and Micheliaceae Law; five subtribes, Manglietinae Law, Magnoliinae, Alciman driinae Law, Elmerrillinae Law, Micheliinae; and fifteen genera.

Based on the evidence of fossil records and modern distribution of Magnoliaceae, it is

国家自然科学基金资助项目

本文承汤彦承教授提供部分古植物学文献资料, 特此致谢。

1995-05-08 收稿; 1995-07-12 修回

reasonable to presume that this family was possibly originated from southwest region of China in very early Cretaceous and radiated from there, and its dispersal routes might be 1. from Southwest China through Japan, Far East of Russia, Bering land bridge, to North America; 2. From Southwest China through Old Qinling mountain area, West Siberia, Europe, Greenland, to North America, and then to South America; 3. From South China through Indo-China, Malay Peninsula, to New Guinea. The formation of disjunct distribution between East Asia and North America was due to the glaciation during the late Tertiary and Quaternary Periods. Most magnoliaceous plants were extinguished in Europe and the west of North America, with the exception of some plant refuges. The Magnoliaceae in South America was distributed from North America about in Miocene.

Key words Magnoliaceae; Geographical distribution; Origin

1 木兰科的分类系统

有关木兰科的早期研究历史, 本文第一作者已在1984年发表的《木兰科分类系统的初步研究》^[1]一文中作了介绍, 这里不再赘述。本文着重介绍对当代木兰科研究有重要影响的3个系统。

一、J. E. Dandy(1964)系统^[2]

木兰科 Magnoliaceae

1. 木兰族 Magnolieae

- (1) 木莲属 *Manglietia*;
- (2) 木兰属 *Magnolia*;
- (3) 盖裂木属 *Talauma*;
- (4) 长蕊木兰属 *Alcimandra*;
- (5) 香木兰属 *Aromadendron*;
- (6) 厚壁木属 *Pachylarnax*;
- (7) 单性木兰属 *Kmeria*;
- (8) 南洋含笑属 *Elmerrillia*;
- (9) 含笑属 *Michelia*;
- (10) 合果木属 *Paramichelia*;
- (11) 观光木属 *Tsoongiodendron*

2. 鹅掌楸族 Liriodendreae

- (12) 鹅掌楸属 *Liriodendron*

J. E. Dandy 自1925年从事木兰科研究, 至他去世历时50载, 孜孜以求, 对木兰科之研究颇有建树。Nooteboom^[3]认为Dandy系统中属的界限不够清楚, 人为性太多。

二、刘玉壶系统(图1)

木兰科 Magnoliaceae

I. 木兰亚科 Magnolioideae

(一) 木兰族 Magnolieae

A. 木莲亚族 Manglietiinae Law

1. 木莲属 *Manglietia*;
2. 华盖木属 *Manglietiastrum*;
3. 厚壁木属 *Pachylarnax*;

B. 木兰亚族 Magnoliinae

4. 木兰属 *Magnolia*;
5. 香木兰属 *Aromadendron*;
6. 盖裂木属 *Talauma*;
7. 南美盖裂木属 *Dugendiodendron*;
8. 拟单性木兰属 *Parakmeria*;
9. 单性木兰属 *Kmeria*

C. 长蕊木兰亚族 Alcimandriinae Law

10. 长蕊木兰属 *Alcimandra*

(二) 含笑族 Micheliace Law

D. 南洋含笑亚族 Elmerrilliinae Law

11. 南洋含笑属 *Elmerrillia*

E. 含笑亚族 Micheliinae Law

12. 含笑属 *Michelia*;
13. 合果木属 *Paramichelia*;
14. 观光木属 *Tsoongiodendron*

II. 鹅掌楸亚科 Liriodendroideae (Nurk.) Law

15. 鹅掌楸属 *Liriodendron*

本系统在作者 1984 年系统基础上,增加了长蕊木兰亚族,分木兰科为 2 亚科,2 族,5 亚族。1984 年作者发表的新亚科及族曾得到 Nooteboom^[3] 的承认。

三、Nooteboom (1985) 系统^[3]

木兰科 Magnoliaceae

I. 木兰亚科 Magnolioideae

A. 木兰族 Magnolieae

1. 木兰属 *Magnolia* (包括 *Alcimandra*、*Aromadendron*、*Dugendiodendron*、*Manglietiastrum*、*Parakmeria*、*Talauma* 等属);
2. 木莲属 *Manglietia*;
3. 厚壁木属 *Pachylarnax*;
4. 单性木兰属 *Kmeria*

B. 含笑族 *Michelieae* Law

5. 南洋含笑属 *Elmerrillia*;

6. 含笑属 *Michelia* (包括 *Paramichelia* 和 *Tsoongiodendron*)

II. 鹅掌楸亚科 *Liriodendroideae*

7. 鹅掌楸属 *Liriodendron*

H. P. Nootboom 分木兰科为 2 亚科、2 族、7 属。他同意刘玉壶的划分亚科及族的主张，但对属作了较大的归并。他把过去发表的 11 个属各归入木兰属，其中有 *Parakmeria* 和 *Mangliastrum*，后者后来又被归入木莲属^[7]，而把 *Paramichelia* 和 *Tsoongiodendron* 归入含笑属。Nootboom 的属过于庞杂，特别是归并后的木兰属，尚未被国人所接受。有关木兰科分属的问题作者将另文发表。

2 木兰科的进化趋势

木兰科的系统进化以图 1 表示，其形态特征的进化趋势系基于以下考虑：

(1) 常绿 → 落叶；(2) 单轴分枝 → 合轴分枝；(3) 叶全缘 → 分裂；(4) 托叶贴生于叶柄 → 托叶与叶柄离生；(5) 花蕾的佛焰苞状苞片 3-4，不规则开裂 → 4 片，一侧开裂；(6) 花顶生，单朵 → 花腋生，2-3 花的聚伞花序；(7) 花两性 → 杂性 (雄花、两性花异株) → 单性异株；(8) 花被片同形 → 花被片内外轮不同形；(9) 雌蕊群无柄 → 雌蕊群具柄；(10) 雌、雄蕊多数，螺旋状排列 → 雌、雄蕊少数，轮状排列；(11) 花药生于狭片状的花丝上，内向开裂 → 花药生于细长的花丝上，侧向开裂；(12) 心皮离生 → 心皮合生；(13) 胚珠在每心皮 4-16 颗 → 每心皮 2 颗；(14) 蓇葖腹面与果轴全部愈合 → 基部与果轴愈合 → 不愈合；(15) 蓇葖沿背缝线开裂 → 沿腹缝线开裂 → 2 瓣裂；(16) 木材具异形木射线 → 木材具同型木射线；(17) 导管壁的纹孔梯状 → 纹孔对列，胞壁无螺纹加厚 → 有螺纹加厚。

3 木兰科的地理分布

3.1 世界木兰科的地理分布 (表 1)

木兰科全世界有 15 属，约 246 种，主要分布于北半球的温带，大部分的种类集中分布于东南亚和北美东南部，少数种类分布至南半球的巴西和新几内亚。在上白垩纪和第三纪时广泛分布于北半球。

表 1 中世界植物区系分区按 A. Takhtajan^[5]，属种统计以刘玉壶^[1]为基础，并增补最新资料。

东亚区 本区包括萨哈林岛、日本、朝鲜半岛、东喜马拉雅、印度北部、缅甸北部、北部湾北部、中国亚热带的大部分地区及黑龙江流域，共有 11 属，100 余种，占全世界属总数的 73%，种总数的 40%。本区拥有木兰科从最原始 (如 *Manglietia*) 到最进化 (如 *Tsoongiodendron*) 的各种类群；还有一个特有属—华盖木属。本区是木兰科的现代分布中心，并可能是起源中心。

大西洋北美区 本区包括从北美大西洋沿岸伸延至大平原，并从墨西哥湾沿岸至加拿大南部地区。本区仅有木兰属、盖裂木属和鹅掌楸属 3 属，全部与东亚区共有。由于分布中心或原始

类型全在东亚, 因而本区木兰科的衍生性质是非常明显的, 特别是鹅掌楸属, 现存中国的鹅掌楸 (*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.) 与北美鹅掌楸 (*L. tulipifera* L.) 非常近缘, 甚至可以杂交获得具有优势的杂种一代。一般认为中国的鹅掌楸仍保留有较原始的性状^{[6][36]}。

印度区 本区包括整个印度半岛、喜马拉雅的热带山前地带和斯里兰卡, 有6属, 15种, 没有特有属。除厚壁木属和印度支那区共有外, 其余的属均和东亚共有, 且每属含有的种非常少, 已非分布区之中心。很明显本区的木兰科植物是由东亚扩散而来。

印度支那区 本区包括孟加拉东南和最东部及与东面毗邻的印度热带地区、缅甸的全部热带地区、泰国(最南部除外)、印度支那、中国的西南和华南及海南岛, 共有11属, 占全世界属总数的73%。除厚壁木属和香木兰属外, 其余9属均与东亚区共有, 说明本区木兰科植物与东亚有密切的关系。本区含种数较多的属有木兰属、含笑属和盖裂木属。该区是木兰科的另一现代分布中心。

马来西亚区 本区包括马来半岛南部、马来群岛、新几内亚, 有8属, 其中南洋含笑属为本区特有, 其余的属均与印度支那区共有。盖裂木属含有较多的种, 其余各属的种类较少, 此区是该科分布区的边缘地带。

新热带域 本域包括佛罗里达半岛最南的热带部分, 墨西哥的平原和沿岸, 整个中美洲和安的列斯群岛, 南美洲的大部分, 以及美洲大陆附近的热带岛屿, 仅有木兰属、盖裂木属和南美

表1 木兰科各属在世界各植物区系的分布

Table 1 The distribution of Magnoliaceae in the world

属 Genera	泛北极 Holarctis		古热带 Palaeotropis			新热带 Neotropis	全世界种数 Total number of species
	东亚 East Asia	大西洋北美 Atlantic North America	印度 India	印度支那 Indo-China	马来西亚 Malaysia		
木莲属 <i>Manglietia</i> Bl.	+		+	+	+		30
华盖木属 <i>Manglietiastrum</i> Law	+						1
厚壁木属 <i>Pachylarnax</i> Dandy				+	+		2-3
木兰属 <i>Magnolia</i> L.	+	+	+	+	+	+	90
盖裂木属 <i>Talauma</i> Juss.	+	+	+	+	+	+	40
南美盖裂木属 <i>Dugendiodendron</i> G. Lozano						+	7
香木兰属 <i>Aromadendron</i> Bl.				+	+		4
拟单性木兰属 <i>Parakmeria</i> Hu et Cheng	+			+			5
单性木兰属 <i>Kmeria</i> (Pierre) Dandy	+			+			2-3
长蕊木兰属 <i>Alcimandra</i> Dandy	+		+	+			1
海洋含笑属 <i>Elmerrillia</i> Dandy					+		6
含笑属 <i>Michelia</i> L.	+		+	+	+		50
合果木属 <i>Paramichelia</i> Hu	+		+	+	+		3
观光木属 <i>Tsoongiodendron</i> Chun	+			+			1
鹅掌楸属 <i>Liriodendron</i> L.	+	+					2
总计 Total	11.	3	6	11	8	3	246

盖裂木属 3 个属, 后者为本域特有 (Nooteboom 将它和盖裂木属一起归入广义的木兰属)。木兰科起源于北半球, 在中新世或较近时期从北美分布到南美^[38]。

3.2 中国木兰科的地理分布(表 2)

中国有木兰科植物 11 属, 99 种, 分别占全世界属的 73% 和种的 40%。按吴征镒^[7]对中国植物区系的分区统计, 古热带的印度马来西亚区有 9 属, 占全国属总数的 82%, 泛北极的中国-日本亚区和中国-喜马拉雅亚区有 7 属, 占全国属总数的 64%。若以地区统计, 则以北部湾地区最为丰富, 有 8 属, 33 种, 分别占全国属的 73%, 种的 33%; 其次是滇黔桂地区, 有 7

表2 中国木兰科的地理分布及种数

Table 2 Species number in genera of Magnoliaceae in China

属 Genera	泛北极 Holarctic							古热带 Palaeotropis					全国总种数 Total species		
	中国-日本 Sino-Japan				中国-喜马拉雅 Sino-Himalaya			马来西亚 Malaysia							
	NE China 东北	N China 华北	E China 华东	C China 华中	S China 华南	YGG 滇黔桂	Yunnan 云南	Hengduan 横断山	E Himalaya 东喜马拉雅	Taiwan 台湾	S China Sea 南海	Tonkin Gulf 东京湾		YBT 滇黔桂	SEH 东南亚
木莲属 <i>Manglietia</i>			2	3	6	10	1	3	1		2	8	8	1	21
华盖木属 <i>Manglietiastrum</i>												1			1
木兰属 <i>Magnolia</i>	1	4	7	7	5	5	2	9	2	2	3	3	3	2	26
盖裂木属 <i>Talauma</i>									1						1
拟单性木兰属 <i>Parakmeria</i>			1	1	1	1		1	1	1	1	1			5
单性木兰属 <i>Kmeria</i>						1									1
长蕊木兰属 <i>Alcimandra</i>									1		1	1			1
含笑属 <i>Michelia</i>			5	8	15	12	4	7	3	1	9	17	8	1	40
合果木属 <i>Paramichelia</i>												1			1
观光木属 <i>Tsoongiodendron</i>			1		1	1					1	1			1
鹅掌楸属 <i>Liriodendron</i>			1	1	1	1	1	1				1			1
总计 Total	1	5	17	20	29	31	8	21	9	2	15	33	21	4	99

YGG=Yunnan, Guizhou, Guangxi; YBT=Yunnan, Burma, Thailand; SEH=Southern region of E. Himalaya

属, 31种, 分别占全国属的64%和种的31%; 第三是华南地区, 有6属, 29种, 分别占全国属的55%和种的29%。

4 中国木兰科属的分布区类型

中国木兰科的属按吴征镒中国种子植物属的分布区类型^[8,9], 可归纳为以下4种类型:

1. 热带亚洲和热带美洲间断分布 仅盖裂木属(*Talauma*, 图3)1属。本属全世界有40余种, 分布于自喜马拉雅至马来西亚及热带美洲, 分布中心在热带亚洲。我国仅1种, 分布于西藏东南部海拔800—1500m的常绿阔叶林中, 此地为本属分布区的边缘。

2. 热带亚洲分布 有含笑属(*Michelia*, 图4), 合果木属(*Paramichelia*, 图5)和木莲属(*Manglietia*, 图5)3属。

含笑属全世界有50种, 我国有40种, 其中北部湾地区就有17种, 华南地区有15种, 滇黔桂地区有12种。我国是本属的现代分布中心, 并拥有较多的原始类型, 如毛果含笑(*Michelia sphaerantha*), 其聚合果长达30cm, 有100余枚蓇葖。

木莲属是木兰科的最原始类型, 全世界有30种, 分布于喜马拉雅、华南至马来西亚。我国有21种, 其中滇黔桂地区有10种之多, 北部湾及滇缅泰地区各有8种, 华南有6种。同样, 本属的现代分布中心也在我国, 其原始类型, 如大叶木莲(*Manglietia megaphylla*)、滇缅木莲(*M. grandis*)和红花木莲(*M. insignis*)均见于云南、广西。

合果木属, 全世界有3种, 分布于印度阿萨姆、中印半岛至苏门答腊。我国仅合果木(*P. baillonii*)1种, 分布于滇缅泰地区。

2a. 热带印度至华南分布 仅长蕊木属(*Alcimandra*, 图4)1单种属, 由木兰族衍生而来, 分布于锡金、不丹、印度的阿萨姆、我国西藏南部和东南部及云南南部至东南部、缅甸和越南北部。

2b. 越南(或中南半岛)至华南(或西南)分布 有单性木兰属(*Kmeria*, 图4)1属。

单性木兰属全世界有2—3种, 分布于东南亚, 我国有单性木兰(*K. septentrionalis*)1种, 仅见于广西环江、贵州荔波和云南马关, 是南亚热带石灰岩山地季雨林中的珍稀树种。

3. 东亚—北美间断分布 有木兰属(*Magnolia*, 图3)和鹅掌楸属(*Liriodendron*, 图3)2属。木兰属全世界约有90种, 是木兰科中种类最多、分布最广的属, 大多数分布于东亚及东南亚, 少数分布于北美和中美洲。我国有26种, 云南、广西和广东既是木兰属的现代分布中心, 又是其原始种类分布集中的地区, 很可能是起源中心。

鹅掌楸属的分布是典型的东亚—北美间断分布。仅有鹅掌楸(*L. chinense*)和北美鹅掌楸(*L. tulipifera*)2个对应种; 前者分布于我国长江流域以南至越南北部, 性状比较原始, 后者分布自加拿大多伦多南部至美国东南部, 性状比较进化。

4. 中国特有分布 有华盖木属(*Manglietiastrum*, 图6)、拟单性木兰属(*Parakmeria*, 图6)和观光木属(*Tsoongiodendron*, 图6)3属。

华盖木属为一单种属, 仅见于云南西畴县, 为一稀有树种。

拟单性木兰属全世界有5种, 产我国西南至东南部, 仅1种分布于缅甸东北部, 但分布中心

在我国。

观光木属为木兰亚科最进化的类群,是由含笑亚族衍生的单种属,分布于我国华南和西南,越南北部亦有分布,但分布中心在我国。

从以上分析可知,中国木兰科的属的分布主要为热带亚洲分布和中国特有分布,其分布中心大多在我国,且拥有较多的原始类群。亚洲-美洲间断分布的属,不但其现代分布中心在亚洲,且亚洲拥有比较原始的种类。

5 木兰科的起源及现代分布格局的形成

5.1 化石记录

5.1.1 大化石

早白垩纪:木兰科最早、最可靠的大化石见于我国吉林,命名为始木兰 *Archimagnolia rostratostylosa* Tao & Zhang, 其地质时代为早白垩纪的阿普第阶-阿尔必阶(Aptian-albian)^[10]。作者认为它比较接近于现代的拟单性木兰属(*Parakmeria*)。

晚白垩纪:在日本、俄罗斯远东部分和北美已发现的木兰科植物化石有:*Magnolia*、*Liriodendron*、*Magnolioxylon* 等^[11-14]。

第三纪:在亚洲、欧洲和北美发现过有 *Magnolia*、*Liriodendron*、*Manglietia*、*Michelia* 和 *Talauma* 的化石。有些属现已灭绝,如 *Magnoliaesperm* (欧洲、渐新世)和 *Magnoliastrum* (东南亚,晚第三纪,相当于现代的 *Michelia*、*Magnolia* 和 *Talauma*^[12,15-19]。在我国云南(渐新世)、西藏(始新世)和山东、东北(中新世)均发现过木兰属的化石^[19-22]。

5.1.2 孢粉化石

我国境内发现的木兰科大化石虽然不多,但孢粉化石却比较丰富。在甘肃、新疆、青海、吉林、黑龙江、云南、广东、四川、湖北、山西、华东等地白垩纪至第三纪的地层中均发现过木兰粉(*Magnolipollis*)^[23-33]。如在新疆塔里木盆地发现的木兰粉,其地质年代为早白垩纪的巴列姆阶(Barremian)至阿尔必阶(Albian),较之在东北发现的大化石始木兰(*Archimagnolia*)为早。鹅掌楸的大化石虽未在中国发现,但在早白垩纪的阿普第阶(Aptian)至阿尔必阶的广州白鹤洞地层中已有其孢粉记录^[27]。对化石孢粉和现代孢粉的比较结果表明:甘肃酒泉凡兰今阶(Valanginian)至阿尔必阶的木兰粉和现代的毛果木莲(*Manglietia hebecarpa*)、海南木莲(*M. hainanensis*)及石碌含笑(*Michelia shilecensis*)的花粉相似;甘肃花海盆地同期的木兰粉与现代的云南拟单性木兰(*Parakmeria yunnanensis*)及含笑(*Michelia figo*)的花粉相似;新疆塔里木盆地巴列姆阶至阿尔必阶的木兰粉和现代的玉兰(*Magnolia denudata*)、野含笑(*Michelia shinneriana*)的花粉相似(杨惠秋,未刊稿)。

5.2 木兰科的早期分化时间

根据以上化石资料,木兰科的早期分化时间当在早白垩纪初期,甚至更早,因为在新疆塔里木盆地早白垩纪的木兰粉中不但有 *Magnolia* 属,还有 *Michelia* 属,而在甘肃发现的木兰粉已

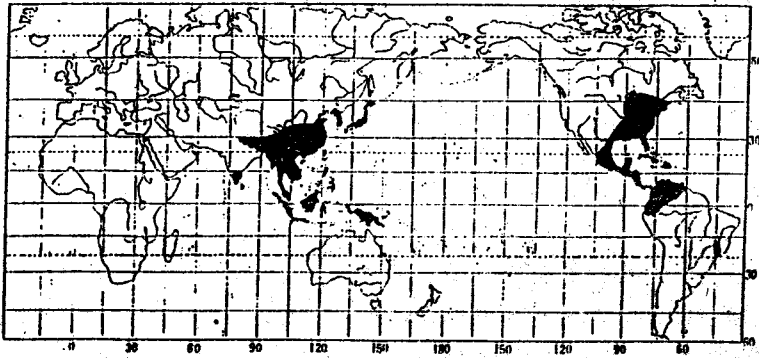


图2 现代木兰科的地理分布

Fig. 2 Distribution map of living Magnoliaceae

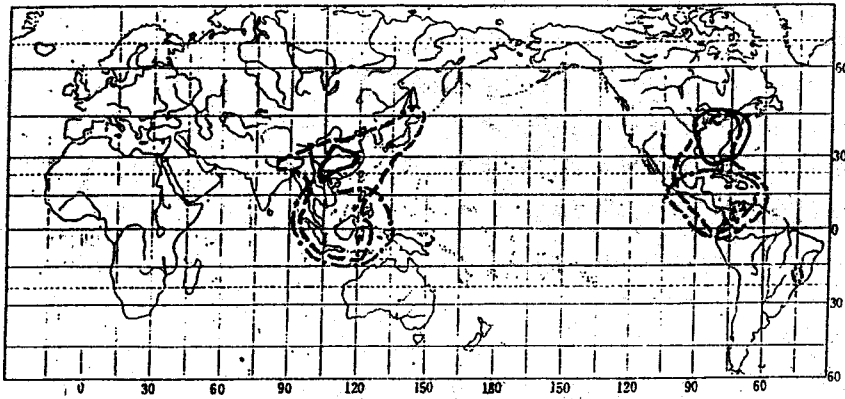


图3 Fig. 3 The distribution of *Liriodendron* 鹅掌楸属 (—), *Magnolia* 木兰属 (- - -), *Talauma* 盖裂木属 (- · -) and *Dugendiodendron* 南美盖裂木属 (▲)

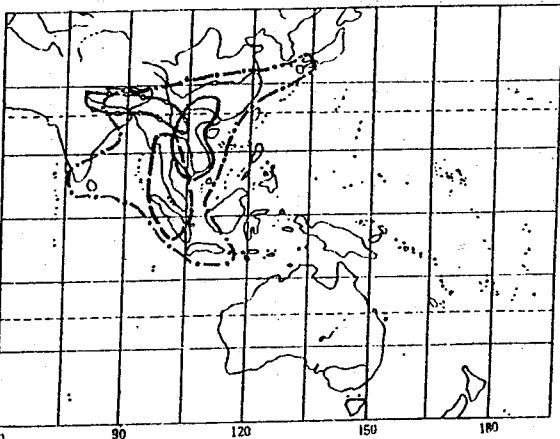


图4 Fig. 4 The distribution of *Kneria* 单性木兰属 (—), *Pachylarnax* 厚壁木属 (- - -), *Michelia* 含笑属 (- · -) and *Alcimandra* 长蕊木兰属 (- · · -)

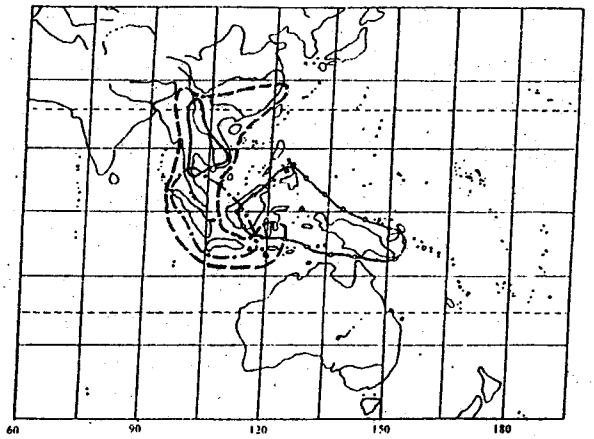


图5 Fig. 5 The distribution of *Manglietia* 木莲属 (- - -), *Aromadendron* 香木兰属 (- · -), *Elmerrillia* 南洋含笑属 (- · · -) and *Paramichelia* 合果木属 (—)

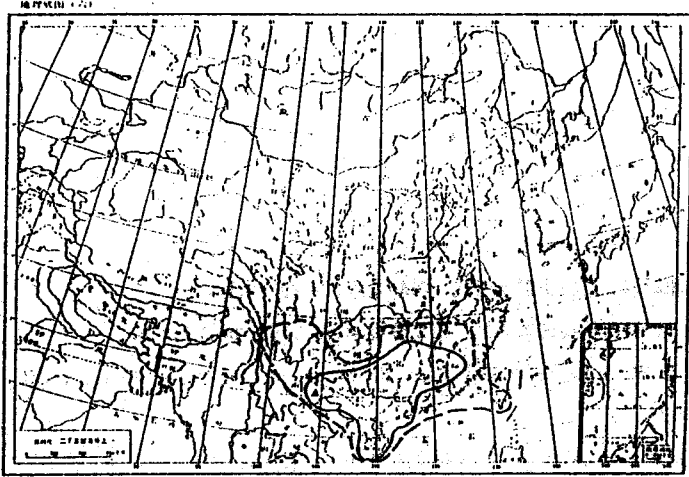


图 6 Fig. 6 The distribution of *Tsongiolendron* 观光木属(—), *Parakmeria* 拟单性木兰属(---) and *Manglietiastrum* 华盖木属(▲)

参考文献

- 1 刘玉壶. 木兰科分类系统的初步研究. 植物分类学报, 1984, 22(2):89-109
- 2 Dandy J E. Magnoliaceae in Hutchinson J. The Genera of Flowering Plants. Clarendon Press, Oxford, 1967, 1:50-57
- 3 Nooteboom H P. Notes on Magnoliaceae. Blumea, 1985, 31:65-121
- 4 Takhtajan A L. Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). Bot Rev, 1980, 46(3):259
- 5 塔赫他间 A JI (黄观程译), 世界植物区系区划. 北京: 科学出版社, 1988
- 6 郝日明等. 鹅掌楸在中国的自然分布及其特点. 植物资源与环境, 1995, 4(1):1-6
- 7 吴征镒, 王荷生. 中国自然地理. 植物地理(上册). 北京: 科学出版社, 1985
- 8 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 1991, 增刊 IV, 1-139
- 9 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型的增订和勘误. 云南植物研究, 1993, 增刊 IV, 141-178
- 10 陶君容, 张川波. 中国早白垩纪被子植物生殖器官. 植物分类学报, 1992, 30:423-426
- 11 Bell W A. Flora of the Upper Cretaceous Nanaimo Group of Vancouver Island, British Columbia. Geol Surv Canada Mem, 1957, 285:1-331
- 12 Dilcher D L, Crane P R. Archacanthus: An early angiosperm from the cenomanian of the western interior of North America. Ann Miss Bot Gard, 1984, 351-383
- 13 郭双兴. 我国及北半球白垩纪植物群面貌和演变. 古植物学与孢粉学文集, 第一集, 1986
- 14 Page V M. Angiosperm wood from the upper Cretaceous of California III. Amer J Bot, 1970, 57:1139-1144
- 15 Tiffney B H. Fruits and seeds of the Brandon Lignite: Magnoliaceae. Bot J Linn Soc (Lond.), 1977, 75:299-322
- 16 Taylor D W. Paleobiogeographic relationships of angiosperms from the Cretaceous and Early Tertiary of the

- North American area. *Bot Rev*, 1990, 56(4):279-417
- 17 Bande M B, Prakash S U. The Tertiary flora of Southeast Asia with remarks on its paleo-environment and phytogeography of the Indo-Malayan region. *Rev Paleobotany & Palynology*, 1986, 49:203-233
- 18 Takhtajan A. *Magnoliophyta Fossilia URSS*, 1974, 1:5-21
- 19 Guo S X. Neogene megaflores and climatic events in China. *Proceeding of International Symposium on Pacific Neogene Continental and Marine Events*, 1989, 91-102
- 20 陶君容等. 云南腾冲新第三纪植物群及时代. *植物学报*, 1982, 24(3):277
- 21 陶君容. 中国第三纪植被和植物区系分区. *植物分类学报*, 1992, 30(1):25-43
- 22 Hu H H, Chaney R W. A miocene flora from Shantung Province, China. *Palaeont. Sin., N. Ser. A (Whole Ser. no. 112)* 1940, 1:147
- 23 宋之琛. 山西垣曲系上部的孢粉组合. *古生物学报*, 1959, 7(5):353-365
- 24 宋之琛, 曹流, 李曼英. 山东第三纪孢粉组合. *中国科学院地质古生物研究所集刊, 第3集*, 1964, 201
- 25 宋之琛等. 孢子花粉分析. 北京:科学出版社, 1965, 226
- 26 宋之琛, 李曼英. 云南中生代化石(上册). 北京:科学出版社, 1976, 9-64
- 27 宋之琛, 李曼英, 钟林. 广东三水盆地白垩纪—早第三纪孢粉组合. *中国古生物志*, 1986, 总号第171册, 新甲种第10号
- 28 陶君容, 孔昭宸. 云南洱源三营煤系的植物化石和孢粉组合. *植物学报*, 1973, 15(1): 120-126
- 29 徐仁, 江德听, 杨惠秋. 甘肃酒泉下新民堡群孢粉组合及地质时代. *植物学报*, 1974, 16(4): 370
- 30 大庆油田开发研究院. 松辽盆地晚白垩纪孢粉组合. 北京:科学出版社, 1976, 85
- 31 李曼英, 宋之琛, 李再平. 江汉平原白垩纪—第三纪的几个孢粉组合. 北京:科学出版社, 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 1978, 31
- 32 孙湘君. 中国晚白垩纪—古新世孢粉区系的研究. *植物分类学报*, 1979, 17(3):13
- 33 江德听, 何卓生, 董凯林. 新疆塔里木盆地早白垩纪孢粉组合. *植物学报*, 1988, 30(4):430-440
- 34 傅立国. 中国植物红皮书—稀有濒危植物, 第一册. 北京:科学出版社, 1992, 408-409
- 35 Szafer W. Pleiocene flora from the vicinity of Czersztyn (west Carpathians) and its relationship to the Pleistocene. *Proce Inst Geol II (in Polish, English Summary)*, 1954
- 36 Hong D Y. Eastern Asian-North American disjunctions and their biological significance. *Cathaya*, 1993, 5:1-39
- 37 Chen Bao Liang, Nootboom H P. Notes on Magnoliaceae IV. Magnoliaceae of China. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 1993, 80(2):999-1004
- 38 Lozano Contreras, G. Contribucion al conocimiento de las Magnoliaceae de Colombia. *Res. I Congr. Latino-Amer. Bot.* 1972, P. 191-192 (According to Raven & Axelrod, 1974)