

木美地下河流域破碎化生境的岩溶植被研究*

Studies on Vegetation of Fragmental Habitants in Mumei Underground River Drainage

侯满福^{1,2}, 蒋忠诚², 覃家科³, 姜光辉²Hou Manfu^{1,2}, Jiang Zhongcheng², Qin Jiakē³, Jiang Guanghui²

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西桂林 541004; 2. 广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541004; 3. 广西植物研究所, 广西桂林 541006)

(1. Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin, Guangxi, 541004, China; 2. College of Life Science, Guangxi Normal Univ., Guilin, Guangxi, 541004, China; 3. Guangxi Institute of Botany, Guilin, Guangxi, 541006, China)

摘要: 选择滇东南生境破碎化的木美地下河流域, 采用常规样方调查法对人口聚居区植被进行研究。木美地下河流域的植被可划分为常绿落叶阔叶混交林、暖性石灰岩灌丛和中草草丛三种类型。流域内的植被以灌丛为主, 破坏严重, 分布零星, 且均呈向山脊收缩的特点, 主要干扰因素是伐薪。流域内植物群落的演替同时存在顺向演替和逆向演替, 退化还是恢复的决定因素是砍伐压力和砍伐利用方式。通过优化砍伐利用方式结合沼气能源的兴建, 可以在持续伐薪的情况下实现植被自然恢复。破碎化生境中残存的植被在生物多样性保护和利用, 以及植被恢复过程中具有重要作用。

关键词: 植被 岩溶区 破碎化生境

中图法分类号: Q948.11; P642.25 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2005)02-0141-05

Abstract The article studied the actuality and features of the vegetation in fragmental habitats in a typical karst area of Mumei underground river drainage in southeast Yunnan province. The vegetation in the underground river drainage can be classified into three types evergreen deciduous broadleaved mixed forest, warm karst shrubbery and mid-height hassock. All of them have been degrading because of human activities. The author also discusses the trend of community succession and the possibility of vegetation rehabilitation.

Key words vegetation, karst region, fragment habitat

滇东南是中国生物多样性分布中心之一, 但是人类活动使该地区的森林植被不断收缩, 并出现了广泛的石漠化现象, 生境破碎化严重, 对这一地区生境破碎化条件下的植被状况的研究尚未见报道。我们以滇东南木美地下河流域为例, 对破碎化生境的植被进行调查和研究, 深入了解其植被和植物资源状况, 为岩溶地区生物多样性保护和利用以及植被的恢复提供科学依据

1 研究区自然概况和研究方法

1.1 自然概况

木美地下河流域位于 $E105^{\circ}12' \sim 105^{\circ}28'$, $N23^{\circ}31' \sim 23^{\circ}44'$ 之间, 云南省广南县与富宁县接壤处, 面积约 300km^2 , 属中亚热带高原季风气候, 年平均气温 16.5°C , 年平均降雨量 1300mm 。地势西北高, 东南低, 海拔 $1100 \sim 1700\text{m}$ 。流域内地表和地下岩溶强烈发育, 为典型的峰丛洼地地貌, 属滇东南岩溶山区。流域内石山区残存土壤普遍较多, 但由于植被破坏严重, 水土流失不断加剧, 致使旱涝灾害频繁发生, 人民生活十分贫困。

1.2 研究方法

选择有代表性的地段做植物样方调查, 样方面积标准^[1]为: 乔木群落 $20\text{m} \times 30\text{m}$, 均分为 6 个 $10\text{m} \times$

收稿日期: 2004-11-29

修回日期: 2005-04-05

作者简介: 侯满福 (1976-), 男, 广西灵川人, 硕士研究生, 主要从事植物生态学研究。

* 新一轮国土资源大调查“西南典型岩溶流域地下水与环境地质主调查(木美地调)”资助项目。

10m的样方,灌丛群落 10m×10m,草灌群落 5m×5m 乔木层逐株调查,记录物种名、株高、胸径、冠幅等,灌木层和草本层记录种名、多度、高度和盖度。计算每种植物的相对密度、相对优势度、相对频度和重要值(IV)^[2],以重要值为依据进行植被类型划分。植被类型的划分按照文献[3,4]的原则和依据进行,同时还参考岩溶区植被类型划分的有关研究结果^[5-8],以群系为主要植被描述单位,凡是建群种或共建种相同的植物群落联合为群系。然后对各类型群落的生物多样性进行比较,生物多样性指数选用 Simpson 指数, Shannon-Wiener 指数,种间相遇几率(probability of interspecific Encounter, PIE)和 Pielou 均匀度指数 Esw(基于 Shannon-Wiener 指数)来描述,计算方法参考文献[9]。最后根据群落的物种组成特征讨论其演化趋势。

2 木美地下河流域植被特征概述

2.1 植物群落种类组成

组成木美地下河流域自然植被的维管植物有 85 科 198 属 265 种,其中裸子植物 1 科 1 属 1 种;双子叶植物 68 科 153 属 197 种;单子叶植物 9 科 36 属 48 种;蕨类植物 7 科 8 属 9 种。组成乔木层建群种或优势种的主要种类有大戟科、榆科、壳斗科、芸香科、无患子科、樟科、忍冬科、蔷薇科、鼠李科和马尾树科的植物,灌木层主要有芸香科、大戟科、樟科、蝶形花科和竹亚科的植物,草本层主要有禾本科、荨麻科等植物。

2.2 主要群落类型及其特征

木美地下河流域植被划分为常绿-落叶阔叶混交林、暖性石灰岩灌丛、中草草丛三大类型。

2.2.1 常绿-落叶阔叶混交林

2.2.1.1 粗糠柴-朴树群落

本群落主要分布在保存较好、原生性较强的风水林中,海拔在 1180~1350m 的石灰岩山坡中下部。代表样地在水库管理处附近的里乍村边,海拔 1196m,北坡,坡度约 30°,土壤为黑色石灰土,厚度约 20cm,腐殖质层较厚,地表枯枝落叶厚度 5~12cm,群落内较湿润。但人类活动痕迹明显,主要是偷伐林下灌木和乔木幼树。林窗较大,郁闭度为 0.6。在 600m²内有植物 81 种,其中乔木 19 种共 67 株。第 I 亚层高 15~20m,胸径多在 40cm 以上,最大的 48cm,郁闭度 0.5,共有 3 种 4 株,株数占总株数的 14.8%,却覆盖了整个样地面积的 2/3。优势种为粗糠柴 (*Mallotus philippinesis*, IV = 160.29),次优势种为小栎树 (*Boniodendron minus*, IV = 75.63)。第 II 亚层树高 8

~12m,胸径一般 1~22cm,最大 28cm,郁闭度 0.7,由 8 种共 15 株组成。优势种为朴树 (*Celtis sinensis*, IV = 84.08),形成共优的有化香树 (*Platycarya strobilacea*, IV = 42.88),漆树 (*Rhus verniciflua*, IV = 42.06)和粗糠柴 (IV = 37.27)。第 III 亚层高 3~7m,胸径 3~10cm,最大 14.4cm,郁闭度 0.5。由 16 种共 48 株组成。优势种为小栎树 (IV = 61.38),共优种有粗糠柴 (IV = 45.4),九里香 (*Murraya paniculata*, IV = 29.86)和木蝴蝶 (*Oroxylum indicum*, IV = 29.38)。

整个乔木层优势种较明显,有粗糠柴 11 株,小栎树 11 株,朴树 8 株,九里香 6 株。粗糠柴株数最多,重要值最大,占 300 中的 63.61。它在乔木层的 3 个亚层中重要值分居第一位,第四位和第二位,幼树在灌木层中也占有优势,说明群落环境对它很适宜。小栎树与粗糠柴株数相同,但没有粗糠柴高大,重要值居第二位,为 54.28,在乔木第 III 亚层,其重要值超过了粗糠柴而位居第一,但在灌木层中幼苗幼树很少见,而草本层中却有较多小苗,皆因其木质好,幼树遭到较多砍伐之故。样地占有明显优势的物种各龄级和各径级都有,林下幼苗幼树也较多,形成较好的更新层,表明群落所处的状态是稳定的。

灌木层高 1~2m,少量达 3m 以上。植物种类较多,但分布不均匀,呈斑块状,覆盖度 35%,以九里香为主,数量较多的还有粗糠柴,西南槐树 (*Sophora mairei* Pamp),粗柄楠 (*Phoebe craspediolla*),白楠 (*Phoebe neurautha*),西南香楠 (*Randia racemosa*) 疏花海桐 (*Pittosporum paniciflorum*) 和漆树等。乔木幼树较多,有伊桐 (*Itoa orientalis*),山核桃 (*Carya cathayensis*),鸭脚木 (*Schefflera octophylla*),细叶楷木 (*Pistacia weinmannifolia*) 等。草本层植物种类亦较丰富,主要有竹叶草 (*Oplismenus compositus*),驳骨九节 (*Psychotria siamiae*) 和楼梯草属植物 (*Elatostoma napoense*)。藤本植物最突出的是买麻藤 (*Gnetum montanum*) 和阔叶合欢 (*Acacia delavayi*),长得十分粗大,攀援于乔木上层,覆盖了大部分样地面积。本群落类型与缺少大型藤本的中亚热带木论森林^[5]有明显不同,与莽岗的热带林相似,但是没有板根、绞杀等典型特点又有别于莽岗的热带林^[6]。虽然从区系组成而言可以判定本群落类型为常绿落叶阔叶混交林,但是从这些细微不同来看,它应属于常绿落叶阔叶混交林向热带石灰岩季雨林过渡的类型^[3]。

2.2.1.2 滇青冈群落

本群落分布在海拔 1450~1700m 的石灰岩山坡中上部,数量不多,主要是 20 世纪 70 年代末至 20 世

纪 80 年代中期皆伐后不严格封山情况下发展起来的,其间不时有伐薪出现。乔木层尚无明显的分层现象,一般高 4~10m,胸径多在 5~8cm,最大达 17cm,郁闭度 0.6。优势种为滇青冈 (*Cyclobalanopsis glaucoides*, $IV = 43.61$),次优势种有枇杷属一种 (*Eriobotrya* sp., $IV = 33.91$)和化香树 ($IV = 25.26$)。零星分布有多脉润楠 (*Maclilus multinervia*)、福建樱桃 (*Prunus campanulata*) 等常绿和落叶阔叶树种。

灌木层种类和乔木层相当,高 1.5~3m,以贵州悬竹 (*Ampelocalamus calcareus*) 最多,较多的还有化香树、多脉润楠和兴山荚蒾 (*Viburnum propinquum*)。草本层种类较丰富,主要有褐鞘沿阶草 (*Ophiopogon dracaenoides*)、念珠冷水花 (*Pilea monilifera*) 等。藤本植物很少。

2.2.1.3 毛女贞群落

本群落主要分布在海拔 1280~1550m 的中低山上,是 20 世纪 80 年代皆伐后在自留山上发育起来的,其间伴有不间断的柴薪砍伐,痕迹十分明显。乔木层无明显的分层现象,高一般 5~10m,胸径 6~11cm,最大达 17cm,郁闭度 0.5。优势种为毛女贞 (*Ligustrum groffiae*, $IV = 89.95$),占有绝对优势;常见的有滇鼠刺 (*Itea yunnan*, $IV = 27.89$)、光叶海桐 (*Pittosporum glabratum*, $IV = 23.67$)和粉绿子 (*Cotoneaster glaucophylla*, $IV = 20.01$)。灌木层植物种类较为丰富,高一般 1~1.5m,主要有香叶树 (*Lindera communis*)、刺叶铁仔 (*Myrsine semiserrata*)和尾叶远志 (*Polygala caudata*)。草本层植物种类也较多,以翠云草属和野古草 (*Arundinella hirta*) 形成明显优势。藤本植物很少,可能是常有人采薪之故。由于砍伐频繁,群落明显缺乏更新层。

2.2.2 暖性石灰岩灌丛

2.2.2.1 滇青冈-瓜腹木群落

本群主要分布在人类活动较多,对群落干扰较频繁的地方,没有明显的海拔分界。群落一般高 1m 左右,覆盖度 60%。滇青冈和瓜腹木属植物 (*Fissistigma* sp.) 覆盖度可占到 80%,形成明显优势。较多的还有化香树、朴树、铁仔 (*Myrsine africana*)、南烛 (*Lyonia ovalifolia*) 等。草本层植物较为丰富,主要有蔓生莠竹 (*Microstegium* sp.)、鼎湖耳草 (*Oldenlandia pterita*)、竹叶草、华须芒草 (*Andropogon chinensis*)、金星蕨 (*Parathelypteris glanduligera*)、紫茎泽兰 (*Erigeron odoratum*) 是常见伴生种。

本群落类型虽然受干扰强烈,但其间散生有较多乔木幼树,如化香树、朴树、小栎树、紫凌木 (*Decaspermum fruticosum*) 等,其中朴树和小栎树

是顶级群落的优势种。因此,如果停止伐薪,将会自然恢复为森林群落。

2.2.2.2 以毛女贞为主的灌丛

这类灌丛主要分布在人为干扰较少,经过一段较长时间自然恢复的地方,也没有明显的海拔分界。群落高一般 1.7m,最高可达 2m,覆盖度 75% 左右。种类组成较多,毛女贞形成明显单优。常见种还有海南密花树 (*Rapanea faberi*)、广西绣线菊 (*Spiraea kwangsiensis*)、梯茛木 (*Tirpitzia sinansis*) 等。草本层植物种类较多,主要有圆锥花犹 (*Caryopteris paniculata*)、竹叶草、紫茎泽兰等。

本类型有较多乔木幼树,如化香树、细叶楷木、泡桐 (*Paulownia fortunei*) 等,其中灌丛优势种毛女贞也是次生林群落的优势种。因此,只要封山育林,减少干扰,将会很快恢复成次生常绿落叶阔叶混交林。

2.2.3 中草草丛

2.2.3.1 紫茎泽兰-金星蕨群落

以紫茎泽兰和金星蕨为主的草丛分布最普遍,尤其是在山坡中、下部的弃耕地。群落高度一般 0.4~1.2m,覆盖度 25%,常见伴生种有竹叶草、纤毛鹅观草 (*Roegneria ciliaris*) 等。灌木种类和数量都很少,散生有耐干旱的圆锥莪花 (*Wikstroemia paniculata*)、构树 (*Broussonetia papyrifera*)、老鼠耳 (*Berchemia lineata*)、长波叶山绿豆 (*Desmodium sepoux*) 等。藤本更少,有时可见悬钩子 (*Rubus* sp.)、大血藤 (*Sargentodoxa cuneata*)。

2.2.3.2 毛蕨-紫茎泽兰-竹叶草群落

该群落一般分布在相对海拔较高的弃耕地或毁林后的山坡上,高度 0.5~1m,较为茂密,覆盖度 80%。毛蕨 (*Pteridium excelsum*)、紫茎泽兰和竹叶草形成共优,常见伴生种有圆锥花犹、细柄草 (*Capillipedium parviflorum*)、龙须草 (*Eulaliopsis binata*) 等。灌木仍然不多,主要有圆锥莪花、异果山绿豆 (*Desmodium heterophyllum*) 和八角枫 (*Alangium chinense*) 幼树。藤本植物主要是鸡矢藤属 (*Paederia* sp.) 和悬钩子属 (*Rubus* sp.) 植物。

2.2.3.3 其他草丛群落

在与居民点相对高差 180m 以上的高洼地和坡地上,紫茎泽兰很少见,形成一种有别于前二者的以禾本科为主的群落。

从草丛的物种组成上看,紫茎泽兰和蕨类植物均占有较大优势,但在不同的相对高差上存在差异。在相对高差较大的地方以蕨类植物为主,紫茎泽兰次之,有时不形成优势,甚至只有零星分布;在相对高差

较小的地方,则主要是紫茎泽兰,蕨类植物次之,有时也只有零星分布。从大的范围看,紫茎泽兰分布非常广泛,在演替早期出现这种不同,有可能是因为人类活动的干扰有助于其侵入和定居。

2.3 不同群落类型多样性比较

从表 1 可以看出,从原生性森林到荒草坡,物种数目迅速下降,生物多样性指数均呈现下降趋势。样方 8 是生存 200a 以上的原生林,虽然存在不时偷伐林下灌木和乔木幼树的现象,但群落组成较稳定,物种丰富;样方 1 是集体的封山育林地,但不时有偷伐,且主要是砍伐主干,其物种数与生物多样性指数与样方 8 相比大为下降。样方 5 和样方 6 所在地没有修建沼气池,但样方 6 离居民点较远,其在逆向演替的过程中,生物多样性迅速而大量地丧失。在森林群落遭到破坏后,不经垦植而是较快自然恢复的次生林,生物多样性得以较好的保存,成为植被恢复的主要力量和物种散播的重要来源地。

2.4 植被的演化与趋势

2.4.1 演化现状与趋势

流域内植被大多处于十分动荡的状态,人为干扰有决定性的影响。植被的演替同时存在顺向演替和逆向演替两种情况,一般视人为干扰程度的强弱而定,但总体上是逆向的。伐薪和割刈草本对仅有植被不断破坏,致使原有植被进一步退化,这种情况最常见。虽然不再刀耕火种,但人为纵火烧山仍常有发生,对现存植被也是一大威胁。植被的逆向演替将使区内的自然环境进一步恶化,亟待采取措施予以改善。

另一方面,部分地方由于沼气池的兴建以及劳务输出,减轻了伐薪,灌丛群落得以顺向演替而逐渐形成次生林;一些弃耕地由于很快被紫茎泽兰占领,人为干扰大为减少,也出现了顺向演替。一些灌丛和已发育 15a 左右的丛林具有相同的优势种,表明自然恢复是完全可能的。

表 1 不同群落物种多样性的比较

Table 1 The community species diversity in different vegetation types

样方 Plot No.	群落类型 Community type	物种数 Species number							多样性指数 Biodiversity index			
		科数 Family number	属数 Genus number	种数 Species number	乔木 Tree	灌木 Shrub	草本 Herb	藤本 Liana	D	H'	PIE	Jsw
8	乔木 Forest	51	69	73	24	11	22	15	10.25	3.76	0.90	85.51
1	乔木 Forest	28	36	41	17	17	5	2	8.85	3.43	0.88	90.01
5	灌丛 Shrubery	17	21	21	4	4	9	4	4.76	2.43	0.79	86.70
6	灌丛 Shrubery	22	28	32	8	7	12	5	7.57	3.00	0.87	94.76
3	草丛 Hassock	12	21	23	1	3	17	2	6.12	2.76	0.84	79.9
4	草丛 Hassock	9	14	17	2	2	11	2	3.51	1.99	0.78	62.81

D: Simpson 指数 Simpson index; H': Shannon-Wiener 指数 Shannon wiener index; PIE: 种间相遇机率 Probability of interspecific encounter; Jsw: Pielou 指数 Pielou index.

有些灌丛在有规律的人为干扰(伐薪)下,外貌比较稳定,可以把它称之为干扰顶级。

2.4.2 植被演替与人类利用方式的关系

伐薪方式对植被的演替有控制性影响。对于流域内最主要的植被类型灌丛而言,如果以传统的利用方式,出于经济省力的原因总是选择长得最好,大株的或主干砍伐,则群落逐渐退化,或者由于砍伐和新发萌枝相对平衡,形成干扰顶级。如果能借鉴林业抚育的方法去弱留强,进行人工整枝,并结合沼气能源的兴建,则可以使灌丛顺向演替形成次生林,发挥更大的生态效益。广西 20 世纪 80 年代后期自然形成的次生林大都如此。因此,即使减轻砍伐对植被的顺向演替也有重要的促进作用。

3 结束语

滇东南岩溶峰丛洼地区由于自然条件的限制,交通不便,经济落后,致使人的生存与发展的压力给植被造成重大破坏,生物多样性丧失严重。生境破碎化的木美地下河流域植被可划分为常绿落叶阔叶混交林、暖性石灰岩灌丛和中草草丛 3 种类型。植被以灌丛为主,森林极少,分布分散而零星,且均呈现向山脊收缩的特点,主要干扰因素是伐薪。

流域内植物群落的演替同时存在顺向演替和逆向演替两种情况,退化还是恢复的决定因素是砍伐压力和砍伐利用方式。对已破坏的植被,如果能及时采取封育措施,自然恢复是可以很快的。原因之一是植物生长的立地条件尚未退化或发生剧烈变化。

在人群聚居的地区,封山育林甚至减轻干扰,退化植被的自然恢复是完全可能的。改变破坏性的砍伐利用方式,代之以林业抚育的持续利用方式结合沼气能源建设,可以在利用的同时实现植被自然恢复。这在无法缺少薪材燃料的岩溶山区有重要现实意义。

流域内残存植被具有重要价值,它不仅是防止水

土流失、遏制生境恶化的屏障,发挥着保持水土、调节气候的最大生态效益,而且可以为退耕还林、生态恢复提供种质资源和群落结构配置的参考依据,也是生物多样性保护的重要内容。因此,应尽快采取发展沼气、封山育林和采用符合森林抚育的利用方式等保护措施,以保存珍贵的自然植被及其植物资源,促进当地社会经济的发展 and 生态环境的总体提高,顺利实现脱贫致富。

致谢

苏宗明研究员对本文提出了宝贵的修改意见,参加野外工作的还有中国地质大学胡成博士,在此深表谢意。

参考文献:

[1] 王伯荪.植物群落学[M].北京:高等教育出版,1987. 22-24.
 [2] 余久华,姚丰平.百山祖自然保护区主要植被类型概述

[J].热带亚热带植物学报,2003,11(2): 93-98.
 [3] 吴征镒.中国植被[M].北京:科学出版社,1980. 143-504.
 [4] 云南植被编写组.云南植被[M].北京:科学出版社,1987. 81-580.
 [5] 郑颖吾主编.木论喀斯特林区概论[M].北京:科学出版社,1999.
 [6] 苏宗明,赵天林,黄庆昌.莽岗植被[J].广西植物,1988, 185-212.
 [7] 苏宗明.广西天然植被类型分类系统[J].广西植物,1998, 18(3): 237-246.
 [8] 苏宗明,李先琨.广西岩溶植被类型及其分类系统[J].广西植物,2003, 23(4): 289-293.
 [9] 马克平,刘玉明.生物多样性的测试测度方法I a多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994, 2(4): 231-239.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 134 页 Continue from page 134)

$C_{10}H_8$ 和 $C_{14}H_{10}$ 的非线性光学特性,获得 $C_{10}H_8$ 和 $C_{14}H_{10}$ 在 532nm 处的三阶非线性折射率分别为 $3.50 \times 10^{10} \text{esu}$ 和 $4.45 \times 10^{10} \text{esu}$, 响应时间分别为 24.7ps 和 21.4ps。强场下的光克尔效应是其产生非线性的主要机制。

参考文献:

[1] Wiederrecht G P, Yoon B A, Wasielewski M R. High photorefractive gain in nematic liquid crystals doped with electro donor and acceptor molecules[J]. Science, 1995, 270(5243): 1794-1797.
 [2] Burroughes J H, Bradley D D C, Brown A R, et al. Light-emitting diodes based on conjugated polymers[J]. Nature. 1990, 347(6293): 539-541.
 [3] Rothenberg G, Wiener H, Lavie Z, et al. Novel synthesis of alkali and quaternary Onium hydroxides via liquid anion exchange: an alternative concept for the manufacture of KOH and other hydroxide salts[J]. Chem Commun, 2000, 114 1293-1294.
 [4] Zhao M T, Singh B P, Prasad P N, et al. Phys, 1988, 89 5553.
 [5] Hosoda M, Wada T, Fcarito A, et al. Jpn J Appl Phys, 1992, 31: 1071.
 [6] Jenekhe S A, Lo S K, Flom S R, et al. Third-order nonlinear optical properties of a soluble conjugated polythiophene derivative[J]. Appl Phys Lett, 1989, 54

(25): 2524-2526.

[7] Yang L, Dorssinville R, Wang Q Z, et al. Third Order Nonlinear Optical nonlinearity in polycondensed thiophene-based polymers and polysilane polymers[J]. JOpt Soc Am(B), 1989, 6(4): 753-756.
 [8] Rao D V G L N, Aranda F J, Roach J F, et al. Third Order Nonlinear Optical interactions of some benzporphyrins[J]. Appl Phy Lett, 1991, 58(12): 1241-1243.
 [9] Wang Pei, Zhang Weijum, Cheng Ping, et al. Nonlinear Optical properties of C60 derivatives. Acta Optical Sinica, 2001, 21(2): 222-224.
 [10] Qian Shi-xiong, Wang Gongming. Nonlinear Optics [M]. Shanghai: Fudan University press, 2001. 121.
 [11] Ren Junjiang, Huang Wenhai. Research development of nonlinear optical Glass [J]. Journal of Building Materials, 2000, 3(4).
 [12] Nie Changming, Xia Liangshu. Conjugative effect parameters of groups [J]. Chinese J Organic Chemistry, 2000, 20(2): 237-242.
 [13] Yu Zhongheng, Peng Xiaoqi, Xuan Zhengqian. The controversy over the nature of aromaticity and conjugation[J]. Chinese J Organic Chemistry, 2000, 20(6): 882-888.

(责任编辑: 邓大玉)