



# 黔中高原喀斯特常绿与落叶阔叶混交林类型及群落特征

贺忠权<sup>1,2</sup> 刘长成<sup>1\*</sup> 蔡先立<sup>2,3</sup> 郭柯<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; <sup>2</sup>中国科学院大学, 北京 100049; <sup>3</sup>中国科学院普定喀斯特生态系统观测研究站, 贵州普定 562100

**摘要** 黔中高原位于我国西南喀斯特山地中心区域, 该区喀斯特地貌连片发育、地质背景特殊、植被类型复杂多样, 典型植被为喀斯特常绿与落叶阔叶混交林。受人为活动影响, 该区域现存的植被主要以次生植被为主。该文利用2007–2020年生长季的植被调查数据, 对黔中高原喀斯特常绿与落叶阔叶混交林的群落学特征以及类型划分进行了较为全面系统的分析。结果表明, 该区域的典型植被主要是以青冈属(*Cyclobalanopsis*)、鼠刺属(*Itea*)、柯属(*Lithocarpus*)、润楠属(*Machilus*)、樟属(*Cinnamomum*)等属的常绿树种与化香树属(*Platycarya*)、鹅耳枥属(*Carpinus*)、朴属(*Celtis*)、栎属(*Quercus*)等属的落叶树种构成的常绿与落叶阔叶混交林。根据86个样方的数据统计, 共记录到维管植物585种, 隶属124科318属; 其中蕨类植物65种, 隶属11科27属; 被子植物520种, 隶属113科291属。由于生境的高度异质性, 群落物种组成复杂、类型多样。基于物种优势度原则, 将该区域的常绿与落叶阔叶混交林进一步划分为11个群系组、44个群系、83个群丛。

**关键词** 喀斯特; 黔中高原; 常绿与落叶阔叶混交林; 群落结构; 植被分类

贺忠权, 刘长成, 蔡先立, 郭柯 (2021). 黔中高原喀斯特常绿与落叶阔叶混交林类型及群落特征. 植物生态学报, 45, 670-680. DOI: 10.17521/cjpe.2021.0093

## Types and community characteristics of karst mixed evergreen and deciduous broad-leaved forests in the central Guizhou Plateau, China

HE Zhong-Quan<sup>1,2</sup>, LIU Chang-Cheng<sup>1\*</sup>, CAI Xian-Li<sup>2,3</sup>, and GUO Ke<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; <sup>2</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; and <sup>3</sup>Puding Karst Ecosystem Research Station, Chinese Academy of Sciences, Puding, Guizhou 562100, China

### Abstract

The central Guizhou Plateau is located in the center of the karst region of southwestern China. The typical vegetation type is karst mixed evergreen and deciduous broad-leaved forests on this distinct landform. Due to human disturbances, the main existing vegetation is secondary vegetation in this region. Based on the primary plot-level data obtained from fieldwork during the growing season from 2007–2020, we systematically studied the community characteristics and the classification of these karst forests. The results showed that the typical karst forests are co-dominated by evergreen trees (e.g., *Cyclobalanopsis*, *Itea*, *Lithocarpus*, *Machilus* and *Cinnamomum* species) and deciduous trees (e.g., *Platycarya*, *Carpinus*, *Celtis* and *Quercus* species). Moreover, 585 vascular plants belonging to 318 genera and 124 families were recorded in the 86 forest plots, among which there were 65 ferns species belonging to 27 genera and 11 families, and 520 angiosperm species belonging to 291 genera and 113 families. The karst forests show high diversities of species composition and community type. Based on the dominance principle, these karst forests were classified into 11 alliance groups, 44 alliances and 83 associations.

**Key words** karst; the central Guizhou Plateau; mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest; community structure; vegetation classification

He ZQ, Liu CC, Cai XL, Guo K (2021). Types and community characteristics of karst mixed evergreen and deciduous broad-leaved forests in the central Guizhou Plateau, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 45, 670-680. DOI: 10.17521/cjpe.2021.0093

收稿日期Received: 2021-03-16 接受日期Accepted: 2021-04-11

基金项目: 国家科技基础性工作专项(2015FY210200)、中国科学院战略性先导科技专项(XDA19050402)和国家重点研发计划(2016YFC0502602)。Supported by the Special Foundation for National Science and Technology Basic Research Program of China (2015FY210200), the “Strategic Priority Research Program” of the Chinese Academy of Sciences (XDA19050402), and the National Key R&D Program of China (2016YFC0502602).

\* 通信作者Corresponding author (Liu CC: liuchangcheng@ibcas.ac.cn; Guo K: guoke@ibcas.ac.cn)

喀斯特地貌在全球广泛分布, 约占陆地总面积的12%。我国西南喀斯特区面积达50多万km<sup>2</sup>, 为中亚热带到北热带湿润季风气候, 降水量丰沛但季节性分配极不均。其地带性植被为常绿阔叶林和季节性雨林, 但在基岩裸露、土层浅薄的喀斯特生境上发育的森林常含有较多的落叶成分, 形成常绿落叶阔叶混交林和含有较多落叶成分的季节性雨林, 与相同气候条件下常态地貌上的地带性植被有明显不同(黄威廉等, 1988; 郭柯等, 2011; 苏宗明等, 2014; 王献溥等, 2014)。《中国植被》的分类系统将这类森林确定为一个植被亚型, 称为“石灰岩山地常绿、落叶阔叶混交林”(中国植被编辑委员会, 1980)。

喀斯特地区成土速率缓慢, 强石质化地表和较低的土壤水分与养分调蓄能力导致了喀斯特生态系统的脆弱性(郭柯等, 2011)。受不合理人类活动的干扰破坏, 石漠化已经成为我国西南喀斯特地区最严重的生态与环境问题(刘丛强, 2009; Jiang *et al.*, 2014; 陈洪松等, 2018)。如何治理与恢复石漠化喀斯特生态系统、改善当地的生态与环境条件是日前生态学家关注的焦点问题之一。实践证明, 基于喀斯特植被自然演替规律构建仿自然的植物群落, 是促进退化喀斯特生态系统恢复与重建的最重要和切实可行的途径(郭柯等, 2011; 王克林等, 2016)。因此, 阐明喀斯特森林的植被物种组成和结构等群落特征, 不仅是我国植被生态学的重要研究内容, 也是综合治理石漠化的重要理论依据。

黔中喀斯特高原地处西南喀斯特区的中心区域, 也是西南喀斯特地貌八大分区之一(吴协保等, 2009)。以往对该区域的植被调查与研究较少, 《贵州植被》(黄威廉等, 1988)将该区域的典型植被定为中亚热带石灰岩山地常绿与落叶阔叶混交林, 但由于历史时期客观条件, 仅记载了2个群系类型。姜运力(2006)、刘玉国等(2011)对该区域的少数群落类型进行了描述。本研究基于2007–2020年的野外植被调查, 从中选取86个典型样方对常绿落叶阔叶混交林的群落特征及类型划分进行了相对全面的总结, 以期《中国植被志》的编研提供基础数据, 为石漠化治理、生态保护等方面提供依据和基础资料。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区概况

黔中喀斯特高原位于贵州省中部长江与珠江流

域分水岭地带的高原面上, 具有中亚热带季风湿润气候, 年平均气温15.0–17.5 °C, 年降水量1 300–1 500 mm, 主要集中于5–9月, 无霜期289天(吴协保等, 2009)。该区喀斯特山地常绿与落叶阔叶混交林通常为人为干扰后自然恢复过程中的次生植被, 成林面积较小, 常见于当地村寨的风水林并保存较好。生境通常以侵蚀状石沟、石槽、石台等类型叠加镶嵌为特点, 碳酸盐岩裸露率高达60%–75%; 土被不连续, 土层浅薄, 以黑色石灰土、黄色石灰土为主; 人为干扰主要以樵采、放牧、采药等为主。

### 1.2 样地调查

森林样方调查于2007–2020年生长季进行, 运用典型群落学抽样调查方法, 主要选取贵阳市、普定县、长顺县等区域具有代表性的森林群落布设样地, 样地详细GPS地理位置见附录。调查面积为400–600 m<sup>2</sup>, 划分为4–6个10 m × 10 m乔木层样格, 每个乔木层样格中分别设置1个5 m × 5 m灌木层小样方和1个2 m × 2 m草本层小样方。乔木层中, 对胸径≥3 cm的木本植物进行每木检尺, 详细记录物种名、胸径、高度、冠幅和枝下高(方精云等, 2009; 王国宏等, 2020)。灌木层中, 胸径<3 cm的木本植物进行分种调查, 记录物种名、最大高度、平均高度、最大基径、平均基径、株丛数和盖度。草本层调查记录植物名、最大高度、平均高度、多度和盖度。本研究选取了黔中高原的86个典型样方(附录)。

### 1.3 数据处理与分析

根据最新的中国植被分类系统修订方案, 常绿与落叶阔叶混交林的定义为常绿树种与落叶树种的重要值(IV)介于25%–75%(郭柯等, 2020)。采用《中国植被志》的植被分类方法与命名规范划分群系、群丛, 以IV作为划分建群种和优势种的依据(王国宏等, 2020)。群落命名统一采用乔木层第一优势常绿树种+第一优势落叶树种。各层IV计算公式如下:

1) 乔木层:  $IV = (\text{相对优势度} + \text{相对多度} + \text{相对高度} + \text{相对频度}) / 4 \times 100\%$

2) 灌木层:  $IV = (\text{相对多度} + \text{相对盖度} + \text{相对基径} + \text{相对高度} + \text{相对频度}) / 5 \times 100\%$

3) 草本层:  $IV = (\text{相对盖度} + \text{相对高度} + \text{相对频度}) / 3 \times 100\%$

式中, 相对多度、相对频度和相对优势度主要参考董鸣等(1996)的方法进行计算, 其中乔木的相对优势度以胸高断面面积计算。

2 结果

黔中高原喀斯特常绿与落叶阔叶混交林以次生林为主, 在当地村寨和寺庙周边的风水林中较为常见, 由于生境破碎, 植被分布不连续, 群落斑块面积通常较小。根据86个样方的数据统计, 共记录到维管植物585种, 隶属124科318属; 其中蕨类植物65种, 隶属11科27属; 被子植物520种, 隶属113科291属。物种较多的科包括蔷薇科含18属41种, 菊科含17属22种, 禾本科含15属21种, 豆科含15属21种, 鳞毛蕨科含4属16种, 凤尾蕨科含5属16种, 芸香科含7属15种, 樟科含5属14种等。乔木层高度常为13–18 m, 主要以青冈属(*Cyclobalanopsis*)、鼠刺属(*Itea*)、柯属(*Lithocarpus*)、润楠属(*Machilus*)、樟属(*Cinnamomum*)等属的常绿树种与化香树属(*Platycarya*)、

鹅耳枥属(*Carpinus*)、朴属(*Celtis*)、栎属(*Quercus*)等属的落叶树种组成。灌木层植物一般高2 m左右, 主要以小冻绿树(*Rhamnus rosthornii*)、针齿铁仔(*Myrsine semiserrata*)、香叶树(*Lindera communis*)等灌木以及多种乔木幼树组成。草本层植株高通常在1 m以下, 主要有大披针藁草(*Carex lanceolata*)、阔叶山麦冬(*Liriope muscari*)、求米草(*Oplismenus undulatifolius*)等。藤本植物主要有小果蔷薇(*Rosa cymosa*)、钩刺雀梅藤(*Sageretia hamosa*)、美丽鸡血藤(*Callerya speciosa*)、藤黄檀(*Dalbergia hancei*)等。地被层苔藓、地衣主要以块状着生于石台、石沟、石槽、土面以及树干基部, 厚1–4 cm, 盖度40%–65%。根据调查资料分析, 黔中喀斯特高原典型喀斯特常绿与落叶阔叶混交林包括11个群系组的44个群系, 进一步划分为83个群丛(表1)。

表1 黔中高原喀斯特常绿与落叶阔叶混交林植被类型

Table 1 Vegetation types of karst mixed evergreen and deciduous broad-leaved forests in the central Guizhou Plateau

群系组 Alliance Group	群系 Alliance	群丛 Association	凭证样方 Plot number
青冈、落叶阔叶混交林 <i>Cyclobalanopsis</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	青冈+圆果化香树林 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	青冈+圆果化香树-针齿铁仔-求米草群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	PD-S19
		青冈+圆果化香树-针齿铁仔-江南星蕨群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Neolepisorus fortunei</i> Association	GZ2019-3
		青冈+圆果化香树-狭叶海桐-求米草群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Pittosporum glabratum</i> var. <i>neriifolium</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	GZ2019-4
		青冈+圆果化香树-青冈-西南草草群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Cyclobalanopsis glauca</i> - <i>Setaria forbesiana</i> Association	GZ2013-33, GZ2013-34
	青冈+云贵鹅耳枥林 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Carpinus pubescens</i> Forest Alliance	青冈+云贵鹅耳枥-针齿铁仔-求米草群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	PD-S7
		青冈+云贵鹅耳枥-针齿铁仔-阔叶山麦冬群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Liriope muscari</i> Association	PD-S58
		青冈+云贵鹅耳枥-云贵鹅耳枥-大披针藁草群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	QZ2019-5
		青冈+云贵鹅耳枥-南天竹-江南星蕨群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Nandina domestica</i> - <i>Neolepisorus fortunei</i> Association	QZ2019-8
	青冈+朴树林 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Celtis sinensis</i> Forest Alliance	青冈+朴树-针齿铁仔-江南星蕨群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Celtis sinensis</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Neolepisorus fortunei</i> Association	PD-S17
		青冈+榉树-香叶树-蝴蝶花群丛 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Zelkova serrata</i> - <i>Lindera communis</i> - <i>Iris japonica</i> Association	GZ2019-7
	青冈+榉树林 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> + <i>Zelkova serrata</i> Forest Alliance	细叶青冈+圆果化香树-罗浮槭-大披针藁草群丛 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Acer fabri</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	QZ2019-1
		细叶青冈+圆果化香树-针齿铁仔-阔叶山麦冬群丛 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Liriope muscari</i> Association	QZ2019-2

表1 (续) Table 1 (Continued)

群系组 Alliance Group	群系 Alliance	群丛 Association	凭证样方 Plot number
鼠刺、落叶阔叶混交林 <i>Itea</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	滇鼠刺+圆果化香树林 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	细叶青冈+圆果化香树-针齿铁仔-求米草群丛 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	PD-S18
		细叶青冈+圆果化香树-针齿铁仔-对马耳蕨群丛 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Polystichum tsus-simense</i> Association	PD-S20
		细叶青冈+圆果化香树-细叶青冈-冷水花群丛 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> - <i>Pilea notata</i> Association	PD-S62
		滇鼠刺+圆果化香树-圆果化香树-大披针藁草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Platycarya longipes</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	GZ2007-2, GZ2013-8
		滇鼠刺+圆果化香树-圆果化香树-荩草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Platycarya longipes</i> - <i>Arthraxon hispidus</i> Association	GZ2007-3
		滇鼠刺+圆果化香树-铁仔-大披针藁草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Myrsine africana</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	GZ2009-2
		滇鼠刺+圆果化香树-窄叶柯-求米草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Lithocarpus confinis</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	GZ2009-7
		滇鼠刺+圆果化香树-圆果化香树-求米草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Platycarya longipes</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	GZ2009-14
		滇鼠刺+圆果化香树-倒卵叶旌节花-顶芽狗脊群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Stachyurus obovatus</i> - <i>Woodwardia unigemmata</i> Association	GZ2013-9, PD-S60
		滇鼠刺+圆果化香树-刺异叶花椒-大披针藁草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Zanthoxylum dimorphophyllum</i> var. <i>spinifolium</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	PD-S24
		滇鼠刺+圆果化香树-窄叶柯-大披针藁草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Lithocarpus confinis</i> - <i>Carex</i> <i>lanceolata</i> Association	PD-S104
		滇鼠刺+云贵鹅耳枥-针齿铁仔-相近石韦群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Pyrrosia assimilis</i> Association	PD-S16
		滇鼠刺+云贵鹅耳枥-青冈-西南莩草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Cyclobalanopsis glauca</i> - <i>Setaria forbesiana</i> Association	GZ2013-49
		滇鼠刺+云贵鹅耳枥-山蜡梅-三枝九叶草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Chimonanthus nitens</i> - <i>Epimedium sagittatum</i> Association	GZ2013-57
		滇鼠刺+云贵鹅耳枥-油茶-柄果藁草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Camellia oleifera</i> - <i>Carex</i> <i>stipitinx</i> Association	GZ2013-59
		滇鼠刺+多脉猫乳-刺异叶花椒-鸢尾群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Rhamnella martini</i> - <i>Zanthoxylum dimorphophyllum</i> var. <i>spinifolium</i> - <i>Iris tectorum</i> Association	GZ2013-56
		滇鼠刺+多脉猫乳-小冻绿树-大披针藁草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Rhamnella martini</i> - <i>Rhamnus rosthornii</i> - <i>Carex</i> <i>lanceolata</i> Association	PD-S56
樟、落叶阔叶混交林 <i>Cinnamomum</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	滇鼠刺+栓皮栎林 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Quercus</i> <i>variabilis</i> Forest Alliance	滇鼠刺+栓皮栎-黑弹树-求米草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Quercus variabilis</i> - <i>Celtis bungeana</i> - <i>Oplismenus</i> <i>undulatifolius</i> Association	GZ2013-11
	滇鼠刺+苦槠木林 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Fraxinus</i> <i>insularis</i> Forest Alliance	滇鼠刺+苦槠木-青冈-西南莩草群丛 <i>Itea yunnanensis</i> + <i>Fraxinus insularis</i> - <i>Cyclobalanopsis glauca</i> - <i>Setaria</i> <i>forbesiana</i> Association	GZ2013-48
	猴樟+白栎林 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Quercus</i> <i>fabri</i> Forest Alliance	猴樟+白栎-油茶-大披针藁草群丛 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Quercus fabri</i> - <i>Camellia oleifera</i> - <i>Carex</i> <i>lanceolata</i> Association	PD-S11

表1 (续) Table 1 (Continued)

群系组 Alliance Group	群系 Alliance	群丛 Association	凭证样方 Plot number
柯、落叶阔叶混交林 <i>Lithocarpus</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	猴樟+圆果化香树林 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	猴樟+白栎-朴树-大披针藁草群丛 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Quercus fabri</i> - <i>Celtis sinensis</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	PD-S29
		猴樟+白栎-香叶树-大披针藁草群丛 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Quercus fabri</i> - <i>Lindera communis</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	PD-S64
		猴樟+白栎-刺楸-大披针藁草群丛 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Quercus fabri</i> - <i>Kalopanax septemlobus</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	PD-S85
		猴樟+白栎-小冻绿树-庐山石韦群丛 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Quercus fabri</i> - <i>Rhamnus rosthornii</i> - <i>Pyrrosia shearerii</i> Association	PD-S102
		猴樟+圆果化香树-异叶梁王茶-顶芽狗脊群丛 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Metapanax davidii</i> - <i>Woodwardia unigemmata</i> Association	GZ2013-18
		猴樟+圆果化香树-短萼海桐-丝叶藁草群丛 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Pittosporum brevicalyx</i> - <i>Carex capilliformis</i> Association	GZ2013-17
		猴樟+响叶杨 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Populus adenopoda</i> Forest Alliance	PD-S103
		猴樟+栓皮栎 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Quercus variabilis</i> Forest Alliance	PD-S66
		猴樟+麻栎 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Quercus acutissima</i> Forest Alliance	PD-S69
		猴樟+椿叶花椒 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Zanthoxylum ailanthoides</i> Forest Alliance	PD-S99
	窄叶柯+圆果化香树林 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	猴樟+翅荚香槐-香叶树-中华藁草群丛 <i>Cinnamomum bodinieri</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> - <i>Lindera communis</i> - <i>Carex chinensis</i> Association	GZ2013-13
		窄叶柯+圆果化香树-针齿铁仔-相近石韦群丛 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Pyrrosia assimilis</i> Association	PD-S21
		窄叶柯+圆果化香树-针齿铁仔-皱叶狗尾草群丛 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Setaria plicata</i> Association	GZ2019-2
		窄叶柯+圆果化香树-窄叶柯-藁草群丛 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Lithocarpus confinis</i> - <i>Carex</i> sp. Association	PDKZH-01
		窄叶柯+圆果化香树-窄叶柯-丝叶藁草群丛 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Lithocarpus confinis</i> - <i>Carex capilliformis</i> Association	GZ2013-10
		窄叶柯+圆果化香树-圆果化香树-千里光群丛 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Platycarya longipes</i> - <i>Senecio scandens</i> Association	GZ2009-12
		窄叶柯+圆果化香树-香叶树-藁草群丛 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Lindera communis</i> - <i>Carex</i> sp. Association	QZ2019-7
		窄叶柯+云贵鹅耳枥-窄叶柯-大披针藁草群丛 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Lithocarpus confinis</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	GZ2010-3
		窄叶柯+云贵鹅耳枥-铁仔-中华藁草群丛 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Myrsine africana</i> - <i>Carex chinensis</i> Association	GZ2013-6
		窄叶柯+翅荚香槐 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> Forest Alliance	QZ2019-3

表1 (续) Table 1 (Continued)

群系组 Alliance Group	群系 Alliance	群丛 Association	凭证样方 Plot number
润楠、落叶阔叶混交林 <i>Machilus</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	小果润楠+云贵鹅耳枥林 <i>Machilus microcarpa</i> + <i>Carpinus pubescens</i> Forest Alliance	窄叶柯+翅荚香槐-川钓樟-江南星蕨群丛 <i>Lithocarpus confinis</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> - <i>Lindera pulcherrima</i> var. <i>hemsleyana</i> - <i>Neolepisorus fortunei</i> Association	PD-S4
		小果润楠+云贵鹅耳枥-针齿铁仔-舌叶蕨草群丛 <i>Machilus microcarpa</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Carex ligulata</i> Association	PD-S13
		小果润楠+云贵鹅耳枥-川钓樟-大披针蕨草群丛 <i>Machilus microcarpa</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Lindera pulcherrima</i> var. <i>hemsleyana</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	PD-S8
		小果润楠+云贵鹅耳枥-川钓樟-蝴蝶花群丛 <i>Machilus microcarpa</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Lindera pulcherrima</i> var. <i>hemsleyana</i> - <i>Iris japonica</i> Association	QZ2019-6
	小果润楠+圆果化香树林 <i>Machilus microcarpa</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	小果润楠+圆果化香树-大果卫矛-江南星蕨群丛 <i>Machilus microcarpa</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Euonymus myrianthus</i> - <i>Neolepisorus fortunei</i> Association	PD-S88
		小果润楠+圆果化香树-刺异叶花椒-渐尖毛蕨群丛 <i>Machilus microcarpa</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Zanthoxylum dimorphophyllum</i> var. <i>spinifolium</i> - <i>Cyclosorus acuminatus</i> Association	PD-S22
	小果润楠+栓皮栎林 <i>Machilus microcarpa</i> + <i>Quercus variabilis</i> Forest Alliance	小果润楠+栓皮栎-窄叶柯-西南茅草群丛 <i>Machilus microcarpa</i> + <i>Quercus variabilis</i> - <i>Lithocarpus confinis</i> - <i>Setaria forbesiana</i> Association	GZ2013-12
	宜昌润楠+圆果化香树林 <i>Machilus ichangensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	宜昌润楠+圆果化香树-宜昌润楠-求米草群丛 <i>Machilus ichangensis</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Machilus ichangensis</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	GZ2013-36
	安顺润楠+翅荚香槐林 <i>Machilus cavaleriei</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> Forest Alliance	安顺润楠+翅荚香槐-安顺润楠-求米草群丛 <i>Machilus cavaleriei</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> - <i>Machilus cavaleriei</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	GZ2013-14
	石楠、落叶阔叶混交林 <i>Photinia</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	贵州石楠+朴树-阔叶山麦冬群丛 <i>Photinia bodinieri</i> + <i>Celtis sinensis</i> - <i>Liriope muscari</i> Association	GZ2013-53
		贵州石楠+朴树-香叶树-狭叶鳞毛蕨群丛 <i>Photinia bodinieri</i> + <i>Celtis sinensis</i> - <i>Lindera communis</i> - <i>Dryopteris angustifrons</i> Association	PD-S12
		贵州石楠+梓-野扇花-鸢尾群丛 <i>Photinia bodinieri</i> + <i>Catalpa ovata</i> - <i>Sarcococca ruscifolia</i> - <i>Iris tectorum</i> Association	GZ2013-50
		贵州石楠+皂荚-野扇花-鸢尾群丛 <i>Photinia bodinieri</i> + <i>Gleditsia sinensis</i> - <i>Sarcococca ruscifolia</i> - <i>Iris tectorum</i> Association	GZ2013-51
		贵州石楠+刺楸-刺楸-求米草群丛 <i>Photinia bodinieri</i> + <i>Kalopanax septemlobus</i> - <i>Kalopanax septemlobus</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	GZ2019-1
		贵州石楠+翅荚香槐-香叶树-土人参群丛 <i>Photinia bodinieri</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> - <i>Lindera communis</i> - <i>Talinum paniculatum</i> Association	GZ2013-54
		光叶石楠+圆果化香树林 <i>Photinia glabra</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	GZ2013-55
		香叶树+山槐-香叶树-麦冬群丛 <i>Lindera communis</i> + <i>Albizia kalkora</i> - <i>Lindera communis</i> - <i>Ophiopogon japonicus</i> Association	PD-S10
		香叶树+响叶杨-香叶树-顶芽狗脊群丛 <i>Lindera communis</i> + <i>Populus adenopoda</i> - <i>Lindera communis</i> - <i>Woodwardia unigemmata</i> Association	PD-S34
		香叶树+麻栎-香叶树-丝叶蕨草群丛 <i>Lindera communis</i> + <i>Quercus acutissima</i> - <i>Lindera communis</i> - <i>Carex capilliformis</i> Association	GZ2013-35
山胡椒、落叶阔叶混交林 <i>Lindera</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	黑壳楠+桉木林 <i>Lindera megaphylla</i> + <i>Cornus macrophylla</i> Forest Alliance	黑壳楠+桉木-针齿铁仔-中华复叶耳蕨群丛 <i>Lindera megaphylla</i> + <i>Cornus macrophylla</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Arachniodes chinensis</i> Association	PD-S35
	川钓樟+翅荚香槐林 <i>Lindera pulcherrima</i> var. <i>hemsleyana</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> Forest Alliance	川钓樟+翅荚香槐-川钓樟-大披针蕨草群丛 <i>Lindera pulcherrima</i> var. <i>hemsleyana</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> - <i>Lindera pulcherrima</i> var. <i>hemsleyana</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	PD-S55

表1 (续) Table 1 (Continued)

群系组 Alliance Group	群系 Alliance	群丛 Association	凭证样方 Plot number
海桐、落叶阔叶混交林 <i>Pittosporum</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	短萼海桐+翅荚香槐林 <i>Pittosporum brevicalyx</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> Forest Alliance	短萼海桐+翅荚香槐-小冻绿树-麦冬群丛 <i>Pittosporum brevicalyx</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> - <i>Rhamnus rosthornii</i> - <i>Ophiopogon japonicus</i> Association	PD-S71
		短萼海桐+翅荚香槐-朴树-日本蛇根草群丛 <i>Pittosporum brevicalyx</i> + <i>Cladrastis platycarpa</i> - <i>Celtis sinensis</i> - <i>Ophiorrhiza japonica</i> Association	PD-S38
	短萼海桐+圆果化香树林 <i>Pittosporum brevicalyx</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	短萼海桐+圆果化香树-圆果化香树-求米草群丛 <i>Pittosporum brevicalyx</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Platycarya longipes</i> - <i>Oplismenus undulatifolius</i> Association	GZ2009-1
	短萼海桐+栓皮栎林 <i>Pittosporum brevicalyx</i> + <i>Quercus variabilis</i> Forest Alliance	短萼海桐+栓皮栎-针齿铁仔-江南星蕨群丛 <i>Pittosporum brevicalyx</i> + <i>Quercus variabilis</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Neolepisorus fortunei</i> Association	PD-S61
槭、落叶阔叶混交林 <i>Acer</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	罗浮槭+云贵鹅耳枥林 <i>Acer fabri</i> + <i>Carpinus pubescens</i> Forest Alliance	罗浮槭+云贵鹅耳枥-异叶梁王茶-石筋草群丛 <i>Acer fabri</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Metapanax davidii</i> - <i>Pilea plataniflora</i> Association	GZ2019-8
		罗浮槭+云贵鹅耳枥-罗浮槭-大披针蕨草群丛 <i>Acer fabri</i> + <i>Carpinus pubescens</i> - <i>Acer fabri</i> - <i>Carex lanceolata</i> Association	PD-S2
	罗浮槭+圆果化香树林 <i>Acer fabri</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	罗浮槭+圆果化香树-罗浮槭-蝴蝶花群丛 <i>Acer fabri</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Acer fabri</i> - <i>Iris japonica</i> Association	GZ2019-12
常绿栎、落叶 阔叶混交林 <i>Quercus</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	乌冈栎+圆果化香树林 <i>Quercus phillyreoides</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	乌冈栎+圆果化香树-乌冈栎-庐山石韦群丛 <i>Quercus phillyreoides</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Quercus phillyreoides</i> - <i>Pyrrosia sheareri</i> Association	GZ2019-6
	巴东栎+白蜡树林 <i>Quercus engleriana</i> + <i>Fraxinus chinensis</i> Forest Alliance	巴东栎+白蜡树-巴东栎-中华复叶耳蕨群丛 <i>Quercus engleriana</i> + <i>Fraxinus chinensis</i> - <i>Quercus engleriana</i> - <i>Arachniodes chinensis</i> Association	QZ2019-4
杜英、落叶阔叶混交林 <i>Elaeocarpus</i> and Deciduous broadleaf forest Alliance Group	日本杜英+圆果化香树林 <i>Elaeocarpus japonicus</i> + <i>Platycarya longipes</i> Forest Alliance	日本杜英+圆果化香树-针齿铁仔-十字蕨草群丛 <i>Elaeocarpus japonicus</i> + <i>Platycarya longipes</i> - <i>Myrsine semiserrata</i> - <i>Carex cruciata</i> Association	GZ2019-11

2.1 青冈、落叶阔叶混交林(*Cyclobalanopsis* and Deciduous broadleaf forest Alliance Group)

该类型在黔中高原喀斯特丘陵山地阴坡中下部及风水林植被中分布较多,集中在石灰岩和泥灰岩质上,岩石裸露率50%–70%,海拔1 200–1 700 m,生境通常温凉湿润,群落立地土壤浅薄,厚15–30 cm,以黑色石灰土、黄色石灰土为主。群落郁闭度约0.7–0.9,高度11–17 m,乔木层以常绿阔叶树青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、细叶青冈(*C. gracilis*)与圆果化香树(*Platycarya longipes*)、云贵鹅耳枥(*Carpinus pubescens*)、朴树(*Celtis sinensis*)、榉树(*Zelkova serrata*)等落叶阔叶树为主要优势种,其他常见种主要包括安顺润楠(*Machilus cavaleriei*)、窄叶柯(*Lithocarpus confinis*)、短萼海桐(*Pittosporum brevicalyx*)、崖樱桃(*Cerasus pseudocerasus*)等。灌木层盖度20%–40%,高度为1.0–4.5 m,以针齿铁仔、香叶树、小冻绿树等为主要优势种,其他常见种包括滇鼠刺(*Itea yunnanensis*)、南天竹(*Nandina domestica*)、安坪十大功劳(*Mahonia eurybracteata* subsp. *ganpinensis*)等。草本层盖度10%–30%,高度

0.1–0.7 m,优势种主要有大披针蕨草、阔叶山麦冬、江南星蕨(*Neolepisorus fortunei*)、求米草、蝴蝶花(*Iris japonica*)等。藤本植物主要有藤黄檀、南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*)、美丽鸡血藤、钩刺雀梅藤、石岩枫(*Mallotus repandus*)等。

2.2 鼠刺、落叶阔叶混交林(*Itea* and Deciduous broadleaf forest Alliance Group)

该类型是黔中高原最典型的喀斯特常绿与落叶阔叶混交林之一。分布海拔1 100–1 500 m,石灰岩、白云岩、泥灰岩基质上较为常见,地形一般为较陡的丘陵山地,土壤为黑色石灰土、黄色石灰土等类型,岩石裸露率通常在45%–75%之间。群落郁闭度0.65–0.85,高度9–15 m,乔木层主要以常绿阔叶树滇鼠刺与圆果化香树、云贵鹅耳枥、多脉猫乳(*Rhamnella martini*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、苦槠木(*Fraxinus insularis*)等落叶阔叶树为主要优势种,其他常见种包括窄叶柯、短萼海桐、安顺润楠、朴树、贵州石楠(*Photinia bodinieri*)、大果冬青(*Ilex macrocarpa*)等。由于生境严酷,人为干扰后,群落通常演替形成比较稳定的幼林,高5–6 m。灌木层盖

度15%–40%, 高度0.8–4.0 m, 以倒卵叶旌节花(*Stachyurus obovatus*)、铁仔(*Myrsine africana*)、刺异叶花椒(*Zanthoxylum dimorphophyllum* var. *spinifolium*)、针齿铁仔、竹叶花椒(*Zanthoxylum armatum*)为主要优势种, 其他常见种主要包括安坪十大功劳、小冻绿树、野扇花(*Sarcococca ruscifolia*)等。草本层盖度10%–25%, 高0.1–0.5 m, 主要物种有大披针藁草、荩草(*Arthraxon hispidus*)、求米草、顶芽狗脊(*Woodwardia unigemmata*)、柄果藁草(*Carex stipitinus*)等。藤本植物有小果蔷薇、藤黄檀、南蛇藤、肖菝葜(*Heterosmilax japonica*)等。

### 2.3 樟、落叶阔叶混交林(*Cinnamomum* and *Deciduous broadleaf forest Alliance Group*)

该类型在黔中高原喀斯特山地泥质灰岩基质上分布较为典型, 在当地村寨风水林植被中也较为常见。群落生长发育的土层与水分条件较好, 主要生长于缓坡的中下部, 海拔1 200–1 500 m, 土壤主要为黑色石灰土, 岩石裸露率40%–60%。群落郁闭度0.75–0.90, 高度15–23 m, 乔木层以常绿阔叶树猴樟(*Cinnamomum bodinieri*)与白栎(*Quercus fabri*)、圆果化香树、翅荚香槐(*Cladrastis platycarpa*)、椿叶花椒(*Zanthoxylum ailanthoides*)、响叶杨(*Populus adenopoda*)、栓皮栎、麻栎(*Quercus acutissima*)等落叶阔叶树为主要优势种, 其他常见种主要包括朴树、崖樱桃、川钓樟(*Lindera pulcherrima* var. *hemsleyana*)、刺楸(*Kalopanax septemlobus*)、安顺润楠等。灌木层盖度25%–40%, 高度0.8–4.3 m, 优势种主要包括香叶树、小冻绿树、安坪十大功劳、铁仔等, 其他物种包括异叶梁王茶(*Metapanax davidii*)、贵州花椒(*Zanthoxylum esquirolii*)、针齿铁仔等。草本层盖度10%–25%, 高度0.1–0.6 m, 优势种主要包括大披针藁草、顶芽狗脊、庐山石韦(*Pyrrosia sheareri*)等。藤本植物主要有小果蔷薇、南蛇藤、肖菝葜、多叶勾儿茶(*Berchemia polyphylla*)等。

### 2.4 柯、落叶阔叶混交林(*Lithocarpus* and *Deciduous broadleaf forest Alliance Group*)

该类型在黔中高原喀斯特山地阴坡或半阴坡分布最多, 群落外貌色泽浓墨, 林木混交特色明显。分布海拔1 300–1 500 m, 土壤为黑色石灰土和黄色石灰土等, 在石灰岩、泥灰岩基质上较常见, 岩石裸露率40%–70%。群落郁闭度0.60–0.85, 高度11.0–16.5 m, 乔木层主要以常绿阔叶树窄叶柯与圆果化香

树、云贵鹅耳枥、翅荚香槐等落叶阔叶树为主要优势种, 其他常见种包括滇鼠刺、短萼海桐、安顺润楠等。由于生境严酷, 人为干扰后, 群落通常演替发育形成比较稳定的幼林, 高度5–6 m。灌木层盖度16%–45%, 高度0.7–4.5 m, 优势种主要包括窄叶柯、川钓樟幼树以及针齿铁仔、薄叶鼠李(*Rhamnus leptophylla*)等, 其他常见种包括异叶花椒(*Zanthoxylum dimorphophyllum*)、青篱柴(*Tirpitzia sinensis*)、铁仔等。草本层盖度10%–30%, 高度为0.1–0.6 m, 优势种主要包括大披针藁草、中华藁草(*Carex chinensis*)、顶芽狗脊、求米草、对马耳蕨(*Polystichum tsus-simense*)等。藤本植物主要有香花鸡血藤(*Callerya dielsiana*)、多叶勾儿茶、小叶菝葜(*Smilax microphylla*)、钩刺雀梅藤、石岩枫、青蛇藤(*Periploca calophylla*)、柱果铁线莲(*Clematis uncinata*)等。

### 2.5 润楠、落叶阔叶混交林(*Machilus* and *Deciduous broadleaf forest Alliance Group*)

该类型在黔中高原主要分布于喀斯特石坡中下部或流水山沟湿润地带, 分布海拔1 300–1 500 m, 以石灰岩、泥灰岩质的生境较常见, 岩石裸露率50%–75%, 土壤以黑色石灰土和黄色石灰土为主。群落郁闭度0.6–0.9, 高度13–18 m, 乔木层主要以常绿阔叶树小果润楠(*Machilus microcarpa*)、宜昌润楠(*Machilus ichangensis*)、安顺润楠与圆果化香树、云贵鹅耳枥、栓皮栎等落叶阔叶树为主要优势种, 其他常见种包括窄叶柯、日本杜英(*Elaeocarpus japonicas*)、栓皮栎、青冈、翅荚香槐、狭叶润楠(*Machilus rehderi*)等。灌木层盖度20%–50%, 高度0.8–4.0 m, 优势种主要包括窄叶柯幼树、针齿铁仔、异叶花椒等, 其他常见种主要包括安坪十大功劳、小冻绿树等。草本层盖度10%–25%, 高度0.1–0.6 m, 优势种主要包括大披针藁草、舌叶藁草(*Carex ligulata*)、蝴蝶花、西南石韦(*Pyrrosia gralla*)、北京铁角蕨(*Asplenium pekinense*)、野雉尾金粉蕨(*Onychium japonicum*)、求米草等。藤本植物主要有钩刺雀梅藤、蚬壳花椒(*Zanthoxylum dimorphophyllum* var. *spinifolium*)、藤黄檀、香花鸡血藤等。

### 2.6 石楠、落叶阔叶混交林(*Photinia* and *Deciduous broadleaf forest Alliance Group*)

该类型在黔中高原喀斯特山地坡中下部及村庄附近保护林中较常见, 分布海拔1 100–1 400 m, 土壤为黑色石灰土, 岩性主要为石灰岩和泥灰岩质,



岩石裸露率40%–65%。群落郁闭度0.65–0.80, 高度13–17 m, 乔木层以常绿阔叶树贵州石楠、光叶石楠(*Photinia glabra*)与朴树、樟(*Catalpa ovata*)、皂荚(*Gleditsia sinensis*)、刺楸、翅荚香槐、圆果化香树等落叶阔叶树为主要优势种, 其他常见种主要包括猴樟、云南樟、白栎、女贞(*Ligustrum lucidum*)、黑弹树(*Celtis bungeana*)、薄叶山矾(*Symplocos anomala*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)等。灌木层盖度15%–35%, 高度0.6–4.5 m, 优势种主要包括南天竹、野扇花、紫珠(*Callicarpa bodinieri*)、疏花卫矛(*Euonymus laxiflorus*)等。草本层盖度10%–25%, 高度0.1–0.6 m, 优势种主要包括大披针藁草、兖州卷柏(*Selaginella involvens*)、渐尖毛蕨(*Cyclosorus acuminatus*)、三脉紫菀(*Aster trinervius* subsp. *ageratoides*)、贯众(*Cyrtomium fortunei*)等。藤本植物主要有石岩枫、藤黄檀、小果蔷薇、美丽鸡血藤等。

## 2.7 山胡椒、落叶阔叶混交林(*Lindera* and *Deciduous broadleaf forest Alliance Group*)

该类型在黔中高原喀斯特山地石灰岩、泥质灰岩基质上分布较为典型, 分布海拔1 300–1 500 m, 土壤类型为黑色石灰土、黄棕色石灰土, 岩石裸露率40%–60%。群落郁闭度0.6–0.8, 高度15–20 m, 乔木层以常绿阔叶树香叶树、川钓樟、黑壳楠(*Lindera megaphylla*)与山槐(*Albizia kalkora*)、响叶杨、麻栎、翅荚香槐、株木(*Cornus macrophylla*)等落叶阔叶树为主要优势种, 其他常见种包括圆果化香树、多脉猫乳、刺楸、猴樟、朴树、安顺润楠、大果冬青、崖樱桃等。灌木层盖度20%–35%, 高度0.8–4.5 m, 以川钓樟幼树与香叶树为主要优势种, 其他物种主要有小蜡(*Ligustrum sinense*)、野扇花、安坪十大功劳、竹叶花椒、贵州花椒、薄叶鼠李等。草本层盖度10%–25%, 高度0.1–0.6 m, 以麦冬(*Ophiopogon japonicus*)、丝叶藁草(*Carex capilliformis*)、大披针藁草、求米草等为主要优势种, 其他物种主要有三脉紫菀、中华复叶耳蕨(*Arachniodes chinensis*)、羊齿天门冬(*Asparagus filicinus*)、对马耳蕨、兖州卷柏等。藤本植物主要有藤黄檀、小果蔷薇、美丽鸡血藤、石岩枫等。

## 2.8 海桐、落叶阔叶混交林(*Pittosporum* and *Deciduous broadleaf forest Alliance Group*)

该类型在黔中高原喀斯特山地阴坡及泥灰岩基质上分布普遍, 分布海拔1 200–1 500 m, 主要集中

在坡中部以下位置, 立地的岩石裸露率50%–75%。群落郁闭度0.60–0.85, 高度14.0–16.5 m, 乔木层主要以常绿阔叶树短萼海桐与翅荚香槐、圆果化香树、栓皮栎等落叶阔叶树为主要优势种, 其他常见种包括槲栎(*Quercus aliena*)、刺楸、猴樟、白栎、朴树、小果润楠、安顺润楠、川钓樟等。灌木层盖度20%–45%, 高度0.8–4.0 m, 以小冻绿树、野扇花、针齿铁仔、香叶树等为主要优势种, 其余常见物种包括安坪十大功劳、异叶梁王茶、竹叶花椒等。草本层盖度10%–25%, 高度0.1–0.6 m, 优势种主要包括大披针藁草、石筋草(*Pilea plataniflora*)、阔叶山麦冬、抱石莲(*Lemmaphyllum drymoglossoides*)、鸢尾(*Iris tectorum*)、兖州卷柏、江南星蕨等。藤本植物主要有藤黄檀、石岩枫、小果蔷薇、柱果铁线莲、锈毛雀梅藤(*Sageretia rugose*)、老虎刺(*Pterolobium punctatum*)等。

## 2.9 槭、落叶阔叶混交林(*Acer* and *Deciduous broadleaf forest Alliance Group*)

该类型在黔中高原喀斯特山地石灰岩基质的向阳山坡分布较多, 海拔1 500–1 700 m, 群落立地条件普遍较差, 土层较薄, 黑色石灰土较常见, 厚15–25 cm, 岩石裸露率较高, 为60%–75%。群落郁闭度0.60–0.85, 高度为14–16 m, 乔木层主要以常绿阔叶树罗浮槭(*Acer fabri*)与云贵鹅耳枥、圆果化香树等落叶阔叶树为主要优势种, 其他常见种主要包括朴树、青冈、安顺润楠、窄叶柯、小果润楠、红豆树(*Ormosia hosiei*)、崖樱桃等。灌木层盖度15%–30%, 高度1.0–4.0 m, 优势种主要包括罗浮槭幼树、异叶梁王茶、小冻绿树等。其他常见物种包括针齿铁仔、香叶树、竹叶花椒等。草本层盖度10%–27%, 高度为0.1–0.5 m, 优势种主要包括大披针藁草、石筋草、阔叶山麦冬等。藤本植物主要有紫花络石(*Trachelospermum axillare*)、香花鸡血藤、肖菝葜等。

## 2.10 常绿栎、落叶阔叶混交林(*Quercus* and *Deciduous broadleaf forest Alliance Group*)

该类型在黔中高原喀斯特丘陵山地坡中上部较常见, 岩性主要为石灰岩基质, 分布海拔1 000–1 300 m。群落林木混交外貌明显, 色泽浓郁, 群落郁闭度约0.6, 高度9–10 m, 乔木层主要以常绿树乌冈栎(*Quercus phillyreoides*)、巴东栎(*Quercus engleriana*)与圆果化香树、白蜡树(*Fraxinus chinensis*)等

落叶树为主要优势种, 其他常见种包括窄叶柯、云贵鹅耳枥、朴树等。灌木层盖度约10%, 高度0.5–2.0 m, 以乌冈栎幼树为主要优势种, 其他物种包括针齿铁仔、小冻绿树、刺异叶花椒等。草本层植物稀疏盖度约10%, 高度0.1–0.5 m, 优势种主要包括庐山石韦、江南星蕨、线裂铁角蕨(*Asplenium coenobiale*)、北京铁角蕨等。藤本植物主要有小果蔷薇、杠果铁线莲等。

### 2.11 杜英、落叶阔叶混交林(*Elaeocarpus* and *Deciduous broadleaf forest Alliance Group*)

该类型在黔中高原喀斯特山地阴坡及成熟林植被中分布较多, 通常在山脚或阴湿的山沟地带生长发育较好。分布基岩主要为石灰岩、泥灰岩, 裸露率50%–70%, 土壤以黑色石灰土为主。群落郁闭度约0.7, 高度为12–13 m, 乔木层主要以常绿阔叶树日本杜英与圆果化香树落叶树种为主要优势种, 其他常见种包括云南樟(*Cinnamomum glanduliferum*)、窄叶柯、朴树、山槐、安顺润楠等。灌木层盖度达30%, 高度1.0–3.6 m, 以针齿铁仔为主要优势种, 其他物种包括瑞香(*Daphne odora*)、石斑木(*Raphiolepis indica*)、雀儿舌头(*Leptopus chinensis*)、小冻绿树、球核荚蒾(*Viburnum propinquum*)等。草本层盖度约40%, 高度0.1–0.6 m, 优势种为十字薹草、冷水花(*Pilea notata*)等。藤本植物主要有老虎刺、藤黄檀、石岩枫、钩刺雀梅藤、南蛇藤等。

## 3 结论和讨论

1) 黔中高原喀斯特常绿与落叶阔叶林主要是以青冈属、鼠刺属、柯属、润楠属、樟属等属的常绿树种与化香树属、鹅耳枥属、朴属、栎属等属的落叶树种组成的群落, 主要发育在石灰岩、泥灰岩等基质上, 区域生境高度异质性, 群落物种组成丰富、类型多样。由于历史时期客观条件, 《贵州植被》仅记录了2个群系, 且对于混交林的概念没有严格的定义。本研究根据最新的中国植被分类系统修订方案, 将乔木层常绿树种与落叶树种的重要值(IV)介于25%–75%的群落划分为常绿与落叶阔叶混交林(郭柯等, 2020)。根据中国植被分类系统的优势度原则, 进一步划分为11个群系组、44个群系、83个群丛。

2) 与亚热带和北热带喀斯特森林相比, 黔中高原喀斯特常绿与落叶阔叶混交林群落高度13–

18 m, 主要建群种包括青冈、窄叶柯、猴樟、滇鼠刺、圆果化香树、云贵鹅耳枥等, 群落物种以亚热带成分为主, 常绿植物与落叶植物优势度比例相当。北热带喀斯特季节性雨林乔木上层高25–35 m, 个别树高可达45 m, 主要建群种包括蚬木(*Excentrodendron tonkinense*)、肥牛树(*Cephalomappa sinensis*)、苹婆(*Sterculia monosperma*)、金丝李(*Garcinia paucineris*)、割舌树(*Walsura robusta*)等, 群落物种以热带成分为主, 常绿植物占主要优势(王斌等, 2014)。南亚热带喀斯特常绿与落叶阔叶混交林以青冈、仪花(*Lysidice rhodostegia*)、金丝李、菜豆树(*Radermachera sinica*)、海红豆(*Adenanthera microcarpa*)等为优势种, 物种组成和群落结构上呈现出过渡特点(王献溥等, 2014)。

3) 基于喀斯特植被自然演替规律构建仿自然的植物群落, 是促进退化喀斯特生态系统恢复与重建最重要和切实可行的途径(郭柯等, 2011)。本研究基于大量的样方调查, 详细描述了该区域典型植被的物种组成与群落结构特征, 可为该区域的植被恢复与石漠化治理提供科学依据, 例如, 圆果化香树、滇鼠刺、香椿(*Toona sinensis*)、朴树、构树(*Broussonetia papyrifera*)等物种在喀斯特生境具有较强的适应性, 长势较好, 可作为植被恢复物种。

**致谢** 感谢贵州省中国科学院普定喀斯特生态系统观测研究站在野外研究期间给予的支持, 感谢贵州大学安明态、中国科学院植物研究所李振宇、张宪春、张树仁、陈文俐等老师对部分标本的鉴定。

## 参考文献

- Chen HS, Yue YM, Wang KL (2018). Comprehensive control on rocky desertification in karst regions of southwestern China: achievements, problems, and countermeasures. *Carsologica Sinica*, 37, 37–42. [陈洪松, 岳跃民, 王克林 (2018). 西南喀斯特地区石漠化综合治理: 成效、问题与对策. *中国岩溶*, 37, 37–42.]
- Dong M, Wang YF, Kong FZ, Jiang GM, Zhang ZB (1996). *Survey Observation and Analysis of Terrestrial Biocommunities*. Standard Press of China, Beijing. [董鸣, 王义凤, 孔繁志, 蒋高明, 张知彬 (1996). 陆地生物群落调查观测与分析. 中国标准出版社, 北京.]
- Fang JY, Wang XP, Shen ZH, Tang ZY, He JS, Yu D, Jiang Y, Wang ZH, Zheng CY, Zhu JL, Guo ZD (2009). Methods and protocols for plant community inventory. *Biodiversity Science*, 17, 533–548. [方精云, 王襄平, 沈泽昊, 唐志

- 尧, 贺金生, 于丹, 江源, 王志恒, 郑成洋, 朱江玲, 郭兆迪 (2009). 植物群落清查的主要内容、方法和技术规范. *生物多样性*, 17, 533-548.]
- Guo K, Fang JY, Wang GH, Tang ZY, Xie ZQ, Shen ZH, Wang RQ, Qiang S, Liang CZ, Da LJ, Yu D (2020). A revised scheme of vegetation classification system of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 111-127. [郭柯, 方精云, 王国宏, 唐志尧, 谢宗强, 沈泽昊, 王仁卿, 强胜, 梁存柱, 达良俊, 于丹 (2020). 中国植被分类系统修订方案. *植物生态学报*, 44, 111-127.]
- Guo K, Liu CC, Dong M (2011). Ecological adaptation of plants and control of rocky desertification on karst region of southwest China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 35, 991-999. [郭柯, 刘长成, 董鸣 (2011). 我国西南喀斯特植物生态适应性与石漠化治理. *植物生态学报*, 35, 991-999.]
- Huang WL, Tu YL, Yang L (1988). *Vegetation of Guizhou*. Guizhou People's Publishing House, Guiyang. [黄威廉, 屠玉麟, 杨龙 (1988). 贵州植被. 贵州人民出版社, 贵阳.]
- Jiang YL, Wang J, Ding FJ, Yao XH, Zhang XS, Chu YW (2006). Study on the plant community in the karst rocky desertification areas in Puding County of Guizhou Province. *Guizhou Forestry Science and Technology*, 34, 55-59. [姜运力, 王进, 丁访军, 姚小华, 张显松, 褚永维 (2006). 贵州省普定县喀斯特石漠化地段的植物群落研究. *贵州林业科技*, 34, 55-59.]
- Jiang ZC, Lian YQ, Qin XQ (2014). Rocky desertification in southwest China: impacts, causes, and restoration. *Earth-Science Reviews*, 132, 1-12.
- Liu CQ (2009). *Biogeochemical Processes and Cycling of Nutrients in the Earth's Surface: Cycling of Nutrients in Soil-Plant Systems of Karstic Environments, Southwest China*. Science Press, Beijing. [刘丛强 (2009). 生物地球化学过程与地表物质循环: 西南喀斯特土壤-植被系统生源要素循环. 科学出版社, 北京.]
- Liu YG, Liu CC, Wei YF, Liu YG, Guo K (2011). Species composition and community structure at different vegetation successional stages in Puding, Guizhou Province, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 35, 1009-1018. [刘玉国, 刘长成, 魏雅芬, 刘永刚, 郭柯 (2011). 贵州省普定县不同植被演替阶段的物种组成与群落结构特征. *植物生态学报*, 35, 1009-1018.]
- Su ZM, Li XK, Ding T, Ning SJ, Chen WL, Mo XL (2014). *Guangxi Vegetation: Volume One*. China Forestry Publishing House, Beijing. [苏宗明, 李先琨, 丁涛, 宁世江, 陈伟烈, 莫新礼 (2014). 广西植被: 第一卷. 中国林业出版社, 北京.]
- The Editorial Committee of Vegetation of China (1980). *Vegetation of China*. Science Press, Beijing. [中国植被编辑委员会 (1980). 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Wang B, Huang YS, Li XK, Xiang WS, Ding T, Huang FZ, Lu SH, Han WH, Wen SJ, He LJ (2014). Species composition and spatial distribution of a 15 ha northern tropical karst seasonal rain forest dynamics study plot in Nonggang, Guangxi, southern China. *Biodiversity Science*, 22, 141-156. [王斌, 黄俞淞, 李先琨, 向悟生, 丁涛, 黄甫昭, 陆树华, 韩文衡, 文淑均, 何兰军 (2014). 弄岗北热带喀斯特季节性雨林15 ha监测样地的树种组成与空间分布. *生物多样性*, 22, 141-156.]
- Wang GH, Fang JY, Guo K, Xie ZQ, Tang ZY, Shen ZH, Wang RQ, Wang XP, Wang DL, Qiang S, Yu D, Peng SL, Da LJ, Liu Q, Liang CZ (2020). Contents and protocols for the classification and description of Vegetation Formations, Alliances and Associations of vegetation of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 128-178. [王国宏, 方精云, 郭柯, 谢宗强, 唐志尧, 沈泽昊, 王仁卿, 王襄平, 王德利, 强胜, 于丹, 彭少麟, 达良俊, 刘庆, 梁存柱 (2020). 《中国植被志》研编内容与规范. *植物生态学报*, 44, 128-178.]
- Wang KL, Yue YM, Ma ZL, Lei TW, Li DJ, Song TQ (2016). Research and demonstration on technologies for rocky desertification treatment and ecosystem services enhancement in karst peak-cluster depression regions. *Acta Ecologica Sinica*, 36, 7098-7102. [王克林, 岳跃民, 马祖陆, 雷廷武, 李德军, 宋同清 (2016). 喀斯特峰丛洼地石漠化治理与生态服务提升技术研究. *生态学报*, 36, 7098-7102.]
- Wang XP, Guo K, Wen YG (2014). *Records of Vegetation of Guangxi*. Higher Education Press, Beijing. [王献溥, 郭柯, 温远光 (2014). 广西植被志要. 高等教育出版社, 北京.]
- Wu XB, Sun JL, Lin Q, Wu ZB (2009). Research on division treatment to eco-construction of karst rock deserted land in southwest China karst area. *Carsologica Sinica*, 28, 391-396. [吴协保, 孙继霖, 林琼, 吴照柏 (2009). 我国西南岩溶石漠化土地生态建设分区治理思路与途径探讨. *中国岩溶*, 28, 391-396.]

责任编辑: 倪 健 责任编辑: 李 敏

#### 附录 黔中高原喀斯特常绿与落叶阔叶混交林样方数据

#### Supplement Plot data of karst mixed evergreen and deciduous broad-leaved forests in the central Guizhou Plateau

<https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/cjpe.2021.0093-D1.xlsx>