

长江三峡库区森林生态系统研究系列

# 长江三峡库区森林 生态系统研究

## Ⅰ 植被、土壤与森林生产力

肖文发 程瑞梅 潘 磊 著  
雷静品 王鹏程 刘建锋



科学出版社

长江三峡库区森林生态系统研究系列

# 长江三峡库区森林 生态系统研究

## I 植被、土壤与森林生产力

肖文发 程瑞梅 潘 磊 著  
雷静品 王鹏程 刘建锋

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是基于森林生态学理论,在充分调研和野外试验的基础上,对长江三峡(简称三峡)库区森林植被及其生长、生产力、土壤、珍稀濒危植物等进行了系统研究,探讨了三峡库区森林植物群落数量分类、多样性及生长与气候变化、森林生产力动态及模拟、森林土壤养分及分布、珍稀濒危植物特征等。系统揭示了三峡库区森林植被特征,为三峡库区森林植被恢复提供了重要依据。

本书是森林生态学理论在三峡库区森林植被恢复及重建规划与设计中的研究成果,是森林生态学研究人员、植被恢复设计人员的重要参考资料,也可供高等院校师生借鉴。

### 图书在版编目(CIP)数据

长江三峡库区森林生态系统研究. I, 植被、土壤与森林生产力/肖文发等著. —北京: 科学出版社, 2018. 1

(长江三峡库区森林生态系统研究系列)

ISBN 978-7-03-054717-0

I. ①长… II. ①肖… III. ①三峡水利工程—森林生态系统—研究 IV. ①S718.57

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 244315 号

责任编辑: 张会格 白 雪 / 责任校对: 郑金红  
责任印制: 张 伟 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2018 年 1 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2018 年 1 月第一次印刷 印张: 8 3/4 插页: 2

字数: 250 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 前 言

长江三峡水利枢纽工程是治理和开发长江的关键性骨干工程，具有防洪、发电、航运及水资源利用等综合效益，是举世瞩目的特大型水利水电工程。随着三峡大坝的兴建与蓄水运行，三峡水库生态环境问题日益受到关注，其中长江三峡库区森林生态系统是国内外关注和研究的热点之一。

事实上，对于修建大坝的利与弊的争论一直未间断。首先，大坝对生态和环境的影响，很难用单一标准来综合衡量和测算。其次，目前人类还只是在观测大坝的近期后果，而对大坝的远期影响还很难预测判断，因为有些影响在大坝建成后的几十年内可能还不明显或尚未显露。第三，如何准确可靠地观测生态和环境的变化还是一个难题，尚有很多数据的观测分析有待探讨研究。第四，究竟以哪些数据信息来对超大型水利设施的效果进行科学公正的评估，如何权衡、判断利与弊，到底利多大、弊多深，利能否抵消弊，这些问题尚需深入探讨。因此，本书是关于三峡库区森林生态系统的阶段性研究成果。

本书依托科技部“十一五”国家科技支撑计划项目、国家林业局公益项目、国务院三峡水利建设委员会办公室及国家林业局发展规划与资金管理司联合资助的三峡库区陆生动植物监测项目等，对长江三峡库区的森林生态系统开展了系统的调查与研究，针对三峡库区主要森林植被、珍稀濒危植物、森林生产力、森林土壤等进行了系统研究，研究结果对掌握水库蓄水前后三峡库区生态系统变化的时空规律具有重要意义，同时也为库区的环境建设与监督管理提供依据。

本书在编写过程中，在中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所的主持下，在湖北省林业科学研究院、中国林业科学研究院林业研究所、华中农业大学等单位的共同参与下，开展了大量的野外实地调查，同时进行了系统的数据分析和归纳总结，更加全面系统地向读者展示关于三峡库区森林植被研究的最新进展与成果。

本书适合从事生态学研究、林业研究的科研院所及高等院校的职工及学生参考和阅读。

本书主要的撰写人员有：肖文发研究员、程瑞梅研究员、潘磊研究员、雷静品研究员、王鹏程研究员、刘建锋副研究员等。

外业调查与数据采集工作得到了国家林业局、湖北省林业厅、重庆市林业局、湖北省秭归县林业局等单位的大力支持与协助，在此一并表示衷心的感谢！

著 者

2017年5月

# 目 录

|       |                         |    |
|-------|-------------------------|----|
| 第 1 章 | 三峡库区森林植被                | 1  |
| 1.1   | 三峡库区森林植物群落数量分类          | 1  |
| 1.1.1 | 三峡库区森林植物群落数量分类及排序       | 2  |
| 1.2   | 三峡库区森林植物群落 DCA 排序分析     | 10 |
| 第 2 章 | 三峡库区柏木林                 | 12 |
| 2.1   | 三峡库区柏木林群落特征及多样性分析       | 12 |
| 2.1.1 | 三峡库区柏木林结构特征及群落类型        | 12 |
| 2.1.2 | 柏木林多样性分析                | 14 |
| 2.2   | 三峡库区柏木林的生长              | 16 |
| 2.2.1 | 柏木树木年轮年表的建立             | 16 |
| 2.2.2 | 柏木生长与季节气候因子的关系          | 16 |
| 2.2.3 | 柏木生长与月份气候因子的关系          | 17 |
| 2.2.4 | 柏木生长与虫害发生的关系            | 19 |
| 2.2.5 | 柏木生长与气候因子关系模型           | 19 |
| 第 3 章 | 三峡库区马尾松林                | 21 |
| 3.1   | 三峡库区上游马尾松生长特点           | 21 |
| 3.1.1 | 马尾松生长与环境因子的关系           | 22 |
| 3.1.2 | 马尾松生长与气候因子关系的单年分析       | 25 |
| 3.1.3 | 马尾松生长与气候因子的关系模型         | 26 |
| 3.1.4 | 讨论                      | 27 |
| 3.2   | 三峡库区中游马尾松生长与气候的关系       | 27 |
| 3.2.1 | 年表生成                    | 28 |
| 3.2.2 | 分布上限和下限的马尾松生长树木年轮年表的变化  | 28 |
| 3.2.3 | 分布上限和下限的马尾松生长与季度气候因子的关系 | 30 |
| 3.2.4 | 分布上限和下限的马尾松生长与月份气候因子的关系 | 30 |
| 3.2.5 | 分布上限和下限马尾松生长对气候因子响应的验证  | 31 |
| 3.2.6 | 讨论                      | 32 |
| 3.3   | 三峡库区下游马尾松生长与气候的关系       | 32 |

|       |                         |    |
|-------|-------------------------|----|
| 3.3.1 | 年表生成                    | 33 |
| 3.3.2 | 马尾松生长与气候因子的关系           | 34 |
| 3.3.3 | 马尾松生长与气候因子关系的单年分析       | 36 |
| 3.3.4 | 马尾松生长与气候因子的关系模型         | 37 |
| 3.3.5 | 讨论                      | 40 |
| 第 4 章 | 三峡库区珍稀濒危植物              | 41 |
| 4.1   | 三峡库区珍稀濒危植物现状            | 41 |
| 4.1.1 | 三峡库区珍稀濒危植物种类组成          | 41 |
| 4.1.2 | 三峡库区珍稀濒危植物地理成分分析        | 41 |
| 4.1.3 | 三峡库区珍稀濒危植物现状            | 44 |
| 4.1.4 | 三峡库区珍稀濒危植物致危原因          | 45 |
| 4.2   | 崖柏                      | 45 |
| 4.2.1 | 分布区自然地理及植被简况            | 46 |
| 4.2.2 | 崖柏生物学及生态学特性             | 47 |
| 4.2.3 | 崖柏种群类型                  | 48 |
| 4.2.4 | 崖柏种群存活曲线的拟合             | 49 |
| 4.2.5 | 崖柏种群空间分布格局              | 51 |
| 4.2.6 | 崖柏种群遗传多样性               | 53 |
| 第 5 章 | 三峡库区森林生产力               | 56 |
| 5.1   | 三峡库区植被净初级生产力 (NPP) 动态变化 | 56 |
| 5.1.1 | 三峡库区 NPP 时间格局           | 56 |
| 5.1.2 | 三峡库区 NPP 空间格局           | 65 |
| 5.1.3 | 三峡库区 NPP 时空格局的影响因子      | 67 |
| 5.2   | 三峡库区不同森林类型现实生产力的水热分布与模拟 | 70 |
| 5.2.1 | 马尾松林 NPP 水热分布及其现实生产力模拟  | 70 |
| 5.2.2 | 柏木林 NPP 水热分布及其现实生产力模拟   | 72 |
| 5.2.3 | 杉木林 NPP 水热分布及其现实生产力模拟   | 73 |
| 5.2.4 | 温性松林 NPP 水热分布及其现实生产力模拟  | 74 |
| 5.2.5 | 针叶混交林 NPP 水热分布及其现实生产力模拟 | 76 |
| 5.2.6 | 针阔混交林 NPP 水热分布及其现实生产力模拟 | 77 |
| 5.2.7 | 落叶阔叶林 NPP 水热分布及其现实生产力模拟 | 78 |
| 5.2.8 | 常绿阔叶林 NPP 水热分布及其现实生产力模拟 | 80 |
| 5.3   | 三峡库区森林植被气候生产力模拟与预测      | 81 |

|       |                                         |     |
|-------|-----------------------------------------|-----|
| 5.3.1 | 三峡库区森林植被气候生产力模拟 .....                   | 82  |
| 5.3.2 | 三峡库区森林的气候生产力与现实生产力比较 .....              | 84  |
| 5.4   | 气候变化对三峡库区森林气候生产力的影响 .....               | 85  |
| 第 6 章 | 三峡库区森林土壤 .....                          | 88  |
| 6.1   | 三峡库区植被不同演替阶段土壤养分 .....                  | 89  |
| 6.1.1 | 植被不同演替阶段土壤 pH 特征 .....                  | 89  |
| 6.1.2 | 植被不同演替阶段土壤有机质特征 .....                   | 91  |
| 6.1.3 | 植被不同演替阶段土壤水解性氮特征 .....                  | 92  |
| 6.1.4 | 植被不同演替阶段土壤速效磷特征 .....                   | 93  |
| 6.1.5 | 相关性分析 .....                             | 94  |
| 6.1.6 | 讨论 .....                                | 95  |
| 6.2   | 三峡库区柏木林带状改造对土壤理化性质的影响 .....             | 96  |
| 6.2.1 | 带状改造对土壤容重的影响 .....                      | 96  |
| 6.2.2 | 带状改造对土壤孔隙度的影响 .....                     | 97  |
| 6.2.3 | 带状改造对土壤有机质及 pH 的影响 .....                | 98  |
| 6.2.4 | 土壤全氮、全磷、全钾含量和速效氮、速效磷、速效钾含量<br>的变化 ..... | 98  |
| 6.2.5 | 讨论 .....                                | 99  |
| 6.3   | 不同树种改造对土壤理化性质的影响 .....                  | 100 |
| 6.3.1 | 不同树种改造对土壤容重的影响 .....                    | 101 |
| 6.3.2 | 不同树种改造对土壤孔隙度的影响 .....                   | 102 |
| 6.3.3 | 不同树种改造对土壤有机质及 pH 的影响 .....              | 102 |
| 6.3.4 | 土壤全氮、全磷、全钾含量和速效氮、速效磷、速效钾含量<br>的变化 ..... | 103 |
| 6.3.5 | 讨论 .....                                | 104 |
| 6.4   | 三峡库区茶园土壤养分 .....                        | 105 |
| 6.4.1 | 茶园坡面土壤养分水平分布特征 .....                    | 106 |
| 6.4.2 | 茶园坡面土壤养分垂直分布特征 .....                    | 108 |
| 6.4.3 | 茶园坡面土壤养分空间变异性 .....                     | 111 |
| 6.4.4 | 讨论 .....                                | 120 |
| 参考文献  | .....                                   | 123 |
| 彩图    | .....                                   |     |



# 第 1 章 三峡库区森林植被

三峡库区地处中亚热带范围之内，气候温暖、湿润、雨量充沛。在海拔 500m 以下的地带，年平均湿度 17~18℃，年降水量 1000~1200mm。≥10℃的年积温达 5000~5800℃，无霜期长达 300 天以上。因此，植被繁茂，呈现四季皆绿的亚热带植物景观。该区由于热量丰富，沿长江低海拔河谷尚有荔枝、龙眼、香蕉等喜热性水果分布，尤其是柑橘园和各类竹林更使亚热带植被特色突出。

在地质历史的巨变中，地处低纬度和具有以石灰岩为主的复杂多样地形的川东—鄂西地区，自第三纪以来，直接受第四纪冰川的影响相对较小，而成为著名的第三纪植物的“避难所”，富集了不少形态演化上原始、分类系统上孤立的古老孑遗和我国特产的珍贵稀有植物种类，如银杉（*Cathaya argyrophylla*）、水杉（*Metasequoia glyptostroboides*）、黄杉（*Pseudotsuga sinensis*）、珙桐（*Davidia involucrata*）、水青树（*Tetracentron sinense*）、连香树（*Cercidiphyllum japonicum*）、鹅掌楸（*Liriodendron chinense*）等，从而闻名于世。加之该区处于中国—日本和中国—喜马拉雅植物区系的交汇处，植物区系的组成成分既丰富、多样，又具交汇性与过渡性，因而亚热带至寒温带性质的植物种类在区内也有分布。

但是，该区农业开发历史悠久，自然植被受人为干扰极大，亚热带常绿阔叶林在开垦中多已消失，目前仅在局部沟谷陡坡、风景名胜地尚有少量分布。在低山丘陵分布大量人工营造的马尾松、柏木、杉木，随着海拔的升高，被以华山松为主的针叶林所取代。该区农业植被十分发达，以柑橘、油桐、乌桕、茶叶等为大宗的经济林木。这些作物栽培历史悠久，具较大生产潜力。由于大量开垦，自然植被急剧减少，生态环境破坏严重。

根据《中国植被》一书中所划分的植被分类系统及单位，三峡库区植被共分为 5 个植被型组、7 个植被型、20 个植被亚型、34 个群系组、138 个群系。

## 1.1 三峡库区森林植物群落数量分类

森林是人类赖以生存的基础。三峡库区自然资源丰富，其中森林面积占库区总面积的 37%，是该区最重要的陆地生态系统类型，对于涵养长江水源、维护库区的生态环境及保障农业生产具有突出的生态与经济重要性。但长期以来，强烈

的人类活动,如森林砍伐、农耕和过度放牧等,导致该区森林生态系统退化严重,森林面积逐渐减少,因此对现存库区森林生态系统的群落结构、物种组成等的相关研究工作亟待加强。本研究采用数量分类和排序方法,对该区森林植被群落类型及其与环境的关系进行了分析,以期为保护和恢复该区的森林植被、充分发挥其强大的生态系统服务功能、实现森林可持续经营等提供理论依据。

### 1.1.1 三峡库区森林植物群落数量分类及排序

#### 1. 三峡库区森林植物群落类型的划分

数量分类采用双向指示种分析(two-way indicator species analysis, TWINSpan),结果更符合植被分布的自然规律,在生态学中被广泛采用。排序采用无趋势对应分析法(detrended correspondence analysis, DCA),它利用群落-物种重要值矩阵对所有样方进行群落排序,既能综合大量环境因子,又能与回归分析、相关分析结合,提高排序精度,对排序结果的解释更为精确合理,是现代植被生态学研究不可缺少的数量手段。在数量分析过程中, TWINSpan 程序由 PC-ORD 软件实现, DCA 排序由 CANOCO 软件对数据进行分析。

三峡库区森林植物群落 TWINSpan 分类结果的相应树状图见图 1-1。

由图 1-1 可见, TWINSpan 程序将三峡库区森林植物群落划分为 33 种类型,其划分过程充分利用了反映群落特征的区别种及其组合,得到了比较合理的分类结果。

#### 2. 三峡库区森林植物群落类型及特征

依据 TWINSpan 程序的分类结果,对所划分的 33 个群落类型及其特征简述如下。

巴山松(*Pinus henryi*)林分布于海拔 1000~1600m 的半阴坡,坡度 30°~40°,群落郁闭度为 0.6~0.8。乔木层优势种为巴山松,伴生树种有山胡椒(*Lindera glauca*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、华山松(*Pinus armandii*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、麻栎(*Q. acutissima*)等。灌木层盖度为 25%~45%,常见种有马桑(*Coriaria nepalensis*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、映山红(*Rhododendron simsii*)、铁仔(*Myrsine africana*)、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)、楸木(*Aralia chinensis*)等。草本层较稀疏,主要种类有金星蕨(*Parathelypteris glanduligera*)、芒(*Miscanthus sinensis*)、蕨(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、荩草(*Arthraxon hispidus*)、野古草(*Arundinella anomala*)等。

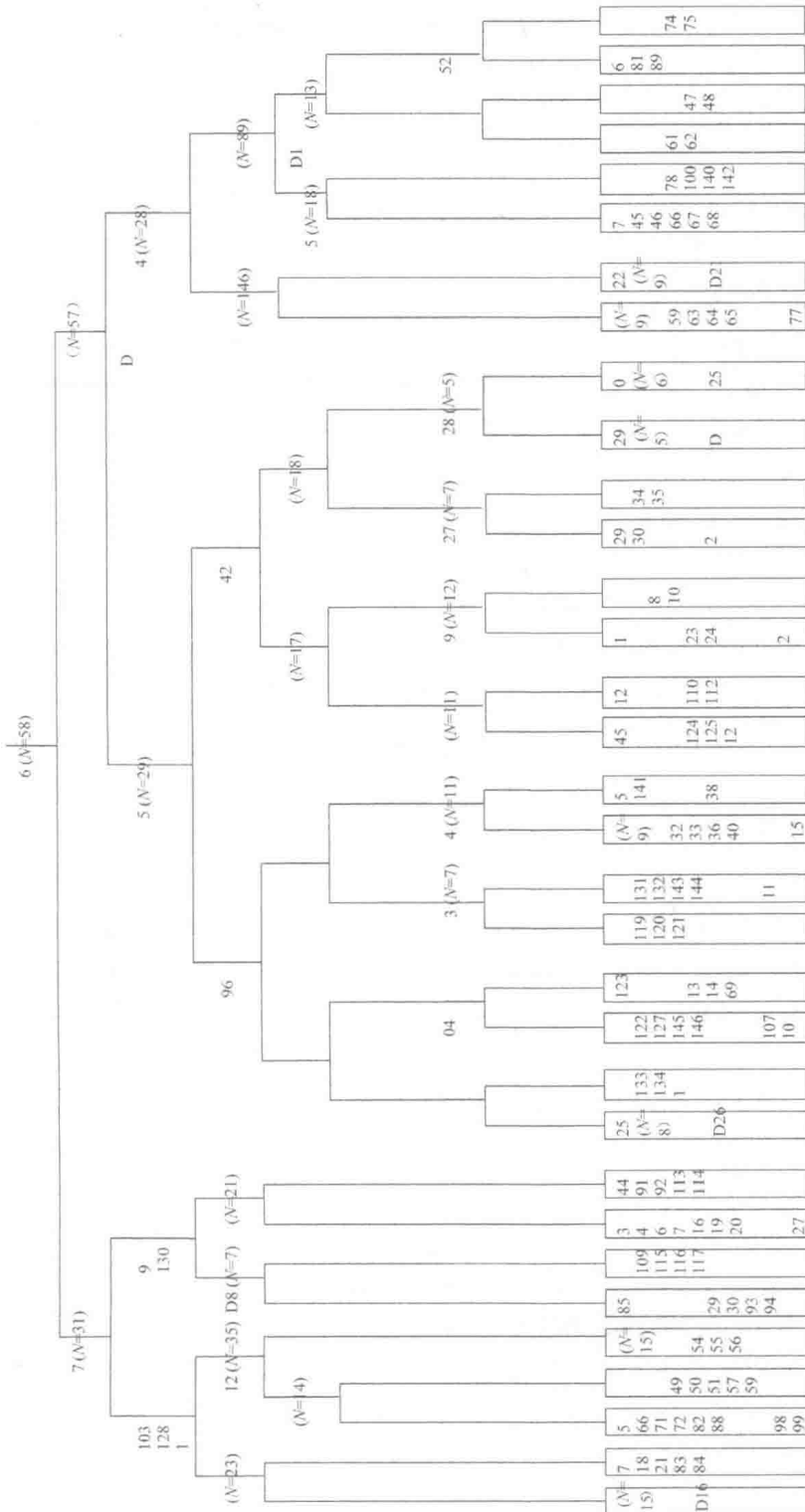


图 1-1 TWINSpan 数量分类图

华山松林分布于海拔 500~2000m 的山坡、山脊上, 坡度  $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。乔木层优势种为华山松, 伴生种有巴山松、铁杉 (*Tsuga chinensis*)、红桦 (*Betula albo-sinensis*)、亮叶桦 (*B. luminifera*)、大叶杨 (*Populus lasiocarpa*)、漆树 (*Toxicodendron verniciflum*)、石灰花楸 (*Sorbus folgnieri*)、青榨槭 (*Acer davidii*)、鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii*) 等。灌木层盖度约为 60%, 主要种类有箬竹 (*Indocalamus tessellatus*)、美丽胡枝子 (*Lespedeza formosa*)、绣球 (*Hydrangea macrophylla*)、短枝六道木 (*Abelia engleriana*)、小檗 (*Berberis thunbergii*)、莢蒾 (*Viburnum dilatatum*)、悬钩子 (*Rubus corchorifolius*)、木姜子 (*Litsea pungens*) 等。草本层较稀疏, 盖度约 20%, 主要种类有打破碗花花 (*Anemone hupehensis*)、日本金星蕨 (*Parathelypteris japonica*)、苎草、落新妇 (*Astilbe chinensis*)、苔草 (*Carex siderosticta*)、唐松草 (*Thalictrum aquilegifolium*) 等。层间植物有华中五味子 (*Schisandra sphenanthera*)、忍冬 (*Lonicera japonica*)、藤山柳 (*Clematoclethra lasioclada*)、北五味子 (*Schisandra chinensis*) 等。

马尾松 (*Pinus massoniana*) 林多分布于海拔 1000m 以下的地区, 在不同的生境条件下, 马尾松林的组成与结构有很大的差异。一类是含有櫟木 (*Loropetalum chinensis*)、映山红等多种灌木的马尾松林, 郁闭度为 0.5~0.8, 乔木层优势种为马尾松, 偶见短柄枹栎 (*Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata*)、栓皮枹、锐齿枹栎 (*Q. aliena* var. *acuteserrata*)、枹栎 (*Q. aliena*)、山合欢 (*Albizia kalkora*)、四照花 (*Dendrobenthamia japonica* var. *chinensis*) 等。灌木层物种丰富, 常见櫟木、映山红、火棘 (*Pyracantha fortuneana*)、烟管莢蒾 (*Viburnum utile*)、宜昌莢蒾 (*V. erosum*) 等。草本层以铁芒萁 (*Dicranopteris linearis*)、芒、栗褐苔草 (*Carex brunnea*) 为优势种, 伴生种有狗脊 (*Woodwardia japonica*)、乌蕨 (*Stenoloma chusanum*)、金发草 (*Pogonatherum paniceum*)、腹水草 (*Veronicastrum stenostachyum*)。另一类是马尾松疏林, 郁闭度为 0.3~0.4, 乔木层只有马尾松一种。灌木层为落叶枹类, 以白枹 (*Quercus fabri*) 等为优势种, 常见伴生种有山胡椒、麻枹等。草本层以铁芒萁、五节芒 (*Miscanthus floridulus*)、芒等为优势种, 常见种有野茼蒿 (*Gynura crepidioides*)、金星蕨、里白 (*Hicriopteris glauca*)、扁穗莎草 (*Cyperus compressus*) 等。

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 林多分布于海拔 600~1250m 的山坡, 在不同的生境条件下, 杉木林的组成与结构均有差异。一类为含有常绿阔叶树的杉木林, 其土壤较深厚肥沃, 乔木层郁闭度 0.6~0.8, 组成树种以杉木占优势, 常绿阔叶树种有栲 (*Castanopsis fargesii*)、润楠 (*Machilus pingii*)、大头茶 (*Gordonia axillaris*)、山矾 (*Symplocos caudata*)、虎皮楠 (*Daphniphyllum glaucescens*) 等。

灌木层主要有木莓 (*Rubus swinhoei*)、杜茎山 (*Maesa japonica*)、乌饭 (*Vaccinium bracteatum*) 等。草本层以鸢尾 (*Iris tectorum*)、芒萁 (*Dicranopteris pedata*) 为主。另一类为含有落叶栎类的杉木林, 其土壤瘠薄, 乔木层郁闭度 0.4 左右, 乔木层以杉木为主。灌木层盖度 10% 左右, 常见种有短柄枹栎、櫟木、细齿叶柃 (*Eurya nitida*)、长蕊杜鹃 (*Rhododendron stamineum*)、野樱桃 (*Cerasus serrulata*) 等。草本层盖度 60% 左右, 常见芒萁、水金凤 (*Impatiens nolitangere*)、金线草 (*Antenoron filiforme*)、乌蕨等。

柏木 (*Cupressus funebris*) 林主要分布于海拔 300~1000m, 库区内常见的为小块状人工柏木林, 林下土壤干燥瘠薄, 乔木层郁闭度小, 形成柏木疏林。常见伴生的乔木种类主要有马尾松、化香树 (*Platycarya strobilacea*)、麻栎、栓皮栎。灌木层有黄荆 (*Vitex negundo*)、胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、山豆花 (*Lespedeza tomentosa*)、櫟木、小果蔷薇 (*Rosa cymosa*)、黄栌 (*Cotinus coggygia*)、马桑、铁仔、火棘、盐肤木、野蔷薇 (*Rosa multiflora*)、悬钩子等。草本层有白茅、黄茅 (*Heteropogon contortus*)、苔草、翻白草 (*Potentilla discolor*)、荇草、野菊 (*Dendranthema indicum*) 等。

马尾松+栓皮栎林分布于海拔 640m 左右, 乔木层郁闭度 0.6, 主要物种为马尾松、栓皮栎。灌木层盖度 10%, 常见种为黄栌、马桑、铁仔、小果蔷薇等。草本层盖度 40%, 常见种有黄茅、白茅、芒、荇草、牡蒿 (*Artemisia japonica*) 等。

马尾松+栲林分布于海拔 560m 左右, 群落土壤较深厚、肥沃, 乔木层郁闭度 0.7, 常见种有栲、马尾松、杉木等。灌木层盖度 50%, 主要有细枝柃 (*Eurya loquaiana*)、鼠刺 (*Itea chinensis*) 等。草本层盖度 20%, 常见狗脊、芒萁等。

马尾松+大头茶林分布于海拔 800m 左右, 乔木层郁闭度 0.6, 主要物种马尾松、大头茶、四川山矾 (*Symplocos setchuensis*)、杉木等。灌木层盖度 30%, 常见种为杜茎山、鼠刺、木姜子等。草本层盖度 20%, 常见种有里白 (*Hicriopteris glauca*)、红盖鳞毛蕨 (*Dryopteris erythrosora*)、狗脊等。

杉木+栲林分布于海拔 500m 左右, 群落土壤较深厚、肥沃, 乔木层郁闭度 0.7, 常见种有杉木、栲、润楠、大头茶、虎皮楠等。灌木层盖度 60%, 主要有櫟木、杜茎山、乌饭等。草本层盖度 30%, 常见狗脊、中华里白 (*Diplopterygium chinensis*)、铁芒萁等。

短柄枹栎林分布于海拔 200~1900m 的阳坡或半阳坡, 林地冲刷严重, 经常见裸岩露出。群落结构简单, 可明显分为乔、灌、草三层。乔木层郁闭度 0.7, 以短柄枹栎为主, 伴生种有栓皮栎、糙皮桦 (*Betula utilis*)、巴山松、山杨 (*Populus davidiana*) 等。灌木层盖度 40%, 主要有美丽胡枝子、映山红、山胡椒、莢蒾等。

草本层盖度约 25%，主要有苔草、淫羊藿 (*Epimedium sagittatum*)、泽兰 (*Aconitum gymnantrum*) 等。

栓皮栎林主要分布于海拔 1350m 以下的低山、丘陵地带。群落结构简单，层次明显。乔木层郁闭度 0.5~0.7，栓皮栎多为纯林。灌木层盖度 10% 左右，主要物种有映山红、猫儿刺 (*Ilex pernyi*)、马桑、盐肤木、铁仔、胡枝子、绣线菊 (*Spiraea salicifolia*)、黄栌 (*Cotinus coggygia*)、小果蔷薇等。草本层盖度 30% 左右，主要有白茅、芒、苔草、糙野青茅 (*Deyeuxia scabrescens*)、鼠尾粟 (*Sporobolus elongatus*)。层间植物主要有葛藤 (*Pueraria lobota*)、赤廔 (*Thladiantha* sp.)、三叶木通 (*Akebia trifoliata*) 等。

白栎林分布于海拔 950m 以下的低山丘陵区，乔木层郁闭度 0.6，单优种白栎组成。灌木层盖度达 75%，常见种有映山红、乌饭、菱叶海桐 (*Pittosporum truncatum*)、杜茎山、铁仔、宜昌悬钩子 (*Rubus ichangensis*) 等。草本层盖度 45% 左右，常见种有重楼排草 (*Lysimachia paridiformis*)、狗脊、沿阶草 (*Ophiopogon japonicus*)、芒、铁芒萁、金星蕨、红盖鳞毛蕨等。

槲栎+栓皮栎林分布于 500~700m 的低山丘陵区，乔木层郁闭度 0.5，建群种为槲栎、栓皮栎，伴生少量的杉木、黄檀 (*Dalbergia hupeana*)、马尾松、柏木等。灌木层由檵木、山胡椒、醉鱼草 (*Buddleja lindleyana*)、冬青卫矛 (*Euonymus japonicus*)、尖叶山茶 (*Camellia cuspidata*) 等种类组成。草本层主要有云雾苔草 (*Carex nubigena*)、山麦冬 (*Liriope spicata*)、蕙兰 (*Cymbidium faberi*)、野菊、大叶茜草 (*Rubia schumanniana*) 等。层间植物常见有忍冬、鸡矢藤 (*Paederia scandens*)、三叶木通。

西南槲树 (*Quercus dentata* var. *oxyuloba*) 林分布于海拔 1500m 左右的中山地带，乔木层郁闭度 0.6，建群种是西南槲树，伴生种有响叶杨 (*Populus adenopoda*)、华山松、茅栗 (*Castanea seguinii*) 等。灌木层盖度约 20%，主要有白檀 (*Symplocos paniculata*)、山胡椒、盐肤木、榉木等。草本层主要种类为金星蕨、莲叶囊乌 (*Ligularia nelumbifolia*)、淡竹叶 (*Lophatherum gracile*) 等。

亮叶水青冈 (*Fagus lucida*) 林分布于海拔 1700~1900m 地形陡峻的山地，乔木层又可分为两个亚层，上层乔木高 10~24m，优势种亮叶水青冈高大茂密，郁闭度可达 0.6 以上，伴生种有千金榆 (*Carpinus cordata*)、巴东栎 (*Quercus engleriana*) 等；下层乔木高 4~8m，常见种有粉白杜鹃 (*Rhododendron hypoglaucom*)、桤木 (*Eurya* sp.)、冬青 (*Ilex* sp.)、南烛 (*Lyonia ovalifolia*)。灌木层盖度 20% 左右，常见种有桂竹 (*Phyllostachys bambusoides*)、扁枝越桔 (*Vaccinium japonicum* var. *sinicum*)、吊钟花 (*Enkianthus quinqueflorus*)、猫儿

刺等。草本层较稀，常见种有开口箭 (*Tupistra chinensis*)、列当 (*Orobanche coerulescens*) 等。

茅栗林分布于海拔 100~1500m 的中山地带，乔木层郁闭度约 0.6，茅栗为单优势种，伴生少量的华山松、合欢 (*Albizia julibrissin*)、香桦 (*Betula insignis*)、千金榆 (*Carpinus cordata*)、华中樱桃 (*Cerasus conradinae*)、化香树、马尾松等。灌木层以绿叶胡枝子 (*Lespedeza buergeri*)、木姜子等物种为主，另有少量盐肤木、披针叶胡颓子 (*Elaeagnus lanceolata*)、卫矛 (*Euonymus alatus*) 等。草本层种类较少，主要有红盖鳞毛蕨、日本金星蕨等，盖度为 10% 左右。

化香树林分布于海拔 1000~1800m 的阳坡和半阳坡上，下限也可至 200m，乔木层郁闭度大于 0.7，化香树为建群种，常见的伴生种有鹅耳枥、槭树、灯台树 (*Bothrocaryum controversum*)、小叶朴 (*Celtis bungeana*)、黄连木 (*Pistacia chinensis*)、亮叶桦、锐齿槲栎、短柄枹栎、合欢等。灌木层有映山红 (*Rhododendron simsii*)、木姜子、三桠乌药 (*Lindera obtusiloba*)、竹叶椒 (*Zanthoxylum planispinum*)、十大功劳 (*Mahonia fortunei*)、小叶六道木 (*Abelia parvifolia*)、猫儿刺、棣棠 (*Kerria japonica*)、披针叶胡颓子、莢蒾、小檗等。草本层有苣荬草、狗脊、千里光 (*Senecio scandens*)、山牛蒡 (*Synurus deltoides*)、苔草、香青 (*Anaphalis sinica*)、虎耳草 (*Saxifraga stolonifera*)、紫云英 (*Astragalus sinicus*) 等。层间植物有菝葜 (*Smilax china*)、粉防己 (*Stephania tetrandra*)、铁线莲 (*Clematis florida*)、茜草 (*Rubia cordifolia*) 等。

红桦林分布于海拔 2000~2500m 的山地，乔木无明显分层，郁闭度 0.7 左右。乔木层除红桦外，伴生种有香桦、漆树 (*Toxicodendron verniciflum*)、山杨等，另有五尖槭 (*Acer maximowiczii*)、地锦槭 (*A. mono*)、青榨槭、华山松、湖北花楸 (*Sorbus hupehensis*)、粉椴 (*Tilia oliveri*)、三桠乌药等。灌木层盖度 50%，以桂竹占绝对优势，其次为六道木 (*Abelia biflora*)、胡颓子、卫矛等。草本层比较发达，总盖度 40%，主要有苔草、白花酢浆草 (*Oxalis acetosella*)、红盖鳞毛蕨、独活 (*Heracleum hemsleyanum*) 等。

糙皮桦林分布于海拔 1350m 左右的山地，乔木层郁闭度 0.6，常见种有短柄枹栎、麻栎、钝叶木姜子 (*Litsea veitchiana*) 等。灌木层盖度 20%，常见种有披针叶胡颓子、麻栎、溲疏 (*Deutzia scabra*)、火棘等。草本层盖度 35% 左右，优势种为褐绿苔草 (*Carex stipitinux*)，其他组成种类有芒、湖北苔草 (*Carex henryi*)、糙野青茅等。

四照花林分布于海拔 1600~1750m 的山地，乔木郁闭度 0.3 左右，主要种类有四照花、椴树 (*Tilia tuan*)、宜昌木姜子 (*Litsea ichangensis*)、单齿鹅耳枥 (*Carpinus*



*hupeana* var. *simplicidentata*)、亮叶桦等。灌木层盖度 30%，常见种有箬竹、棣棠花、皱叶荚蒾 (*Viburnum rhytidophyllum*)、猫儿刺等。草本层为盖度 40%，主要有大叶金腰 (*Chrysosplenium macrophyllum*)、变异鳞毛蕨 (*Dryopteris varia*)、酢浆草、异羽复叶耳蕨 (*Arachniodes simplicior*) 等。

枫香林分布于海拔 600m 左右的低山区，乔木层郁闭度 0.7，枫香、山柚子 (*Opilia amentacea*) 为建群种。灌木层盖度为 60%~70%，常见种有南天竹 (*Nandina domestica*)、裂叶榕 (*Ficus laceratifolia*)、白栎、欒木、悬钩子、小果蔷薇。草本层盖度 30%~40%，主要有冷水花 (*Pilea notata*)、苎草、卷柏 (*Selaginella tamariscina*)、碎米荠 (*Cardamine hirsuta*)、高茎紫菀 (*Aster prorerus*)、牛膝 (*Achyranthes bidentata*)、沿阶草等。

华中樱桃+刺叶高山栎 (*Quercus spinosa*) 林分布于海拔 1410~1430m 的山地，乔木层郁闭度 0.3，主要有华中樱桃、刺叶高山栎、香桦、四照花、鹅耳枥等。灌木层盖度为 45%，常见种有山胡椒、马桑、美丽胡枝子等。草本层盖度 40%，主要有金星蕨、野菊等。

连香树 (*Cercidiphyllum japonicum*) + 细齿稠李 (*Padus obtusata*) 林分布于海拔 1300~1900m 的山谷，乔木层郁闭度 0.5，除连香树和细齿稠李外，还有建始槭 (*Acer henryi*)、榆树 (*Ulmus pumila*)、地锦槭、石栎 (*Lithocarpus glaber*)、膀胱果 (*Staphylea holocarpa*)、领春木 (*Euptelea pleiospermum*)、天师栗 (*Aesculus wilsonii*) 等。灌木层盖度可达 50%，主要有棣棠、茶藨子 (*Ribes* sp.)、箬竹、薄叶鼠李 (*Rhamnus leptophylla*)、溲疏、卫矛、接骨木 (*Sambucus williamsii*)、荚蒾等。草本层以大叶金腰、水金凤、苞叶景天 (*Sedum ampli-bracteatum*) 为主，偶有变豆菜 (*Sanicula chinensis*)、中华蛇根草 (*Ophiorrhiza chinensis*)、贯众 (*Cyrtomium fortunei*)、苔草、黄水枝 (*Tiarella polyphylla*) 等。

灯台树林分布于海拔 1500m 以下的山地，乔木层郁闭度 0.7，灯台树为建群种，常见种有桦木 (*Betula* spp.)、漆树、榕叶冬青 (*Ilex ficoidea*)、宜昌润楠 (*Machilus ichangensis*)、四川山矾等。灌木层盖度 30%，鹅耳枥、八仙花 (*Viburnum macrocephalum*)、钝叶木姜子、化香树、川钓樟 (*Lindera pulcherrima* var. *hemsleyana*) 等为常见种。草本层盖度 10% 左右，苔草为优势种，另有苦苣菜 (*Sonchus oleraceus*)、东方草莓 (*Fragaria orientalis*)、苎草、糙野青茅、猫儿刺、野棉花 (*Abelmoschus crinitus*) 等。

朴树 (*Celtis sinensis*) 林分布于海拔 300m 以下的低山，乔木层郁闭度 0.4，朴树为建群种，伴生种有刺桐 (*Erythrina variegata*)、喜树 (*Camptotheca acuminata*)、野桐 (*Mallotus japonicus*)、苦楝 (*Melia azedarach*)、女贞 (*Ligustrum*



*lucidum*)等。灌木层盖度 35%，主要有黄荆、地瓜藤 (*Ficus tikoua*)、火棘、六道木等。草本层盖度达 90%，常见种有高茎紫苑、蜈蚣草 (*Eremochloa ciliaris*)、荩草、栗褐苔草、白茅等。

包槲柯 (*Lithocarpus cleistocarpus*) + 锥栗 (*Castanea henryi*) 林分布于海拔 1500m 左右的山地，乔木层郁闭度 0.6，除包槲柯、锥栗外，常见种有亮叶桦、大叶杨、灯台树、千金榆、漆树、青榨槭、绿叶甘櫟 (*Lindera fruticosa*) 等。灌木层盖度 60%，主要为箬竹，其他种有茶藨子、卫矛、胡颓子、水马桑 (*Weigela japonica*)、悬钩子等。草本层较稀疏，盖度 15% 左右，常见种有短毛金线草 (*Antenoron filiforme* var. *neofiliforme*)、锦鸡儿 (*Caragana sinica*)、黄花油点草 (*Tricyrtis maculata*)、粗齿冷水花 (*Pilea sinofasciata*)、泽兰、苔草等。

化香树+曼青冈 (*Cyclobalanopsis oxyodon*) 林分布于海拔 1600m 左右的石灰岩坡地上，乔木层以化香树、曼青冈占优势，常见种有枫叶槭 (*Acer tonkinense*)、老鸱铃 (*Styrax hemsleyanus*)、小叶朴、鹅耳枥、枫香、虎皮楠、薯豆 (*Elaeocarpus japonicus*)、川桂 (*Cinnamomum wilsonii*)、大头茶等。灌木层有南天竹、刺花椒 (*Zanthoxylum acanthopodium*)、竹叶椒、十大功劳、小叶六道木、长毛籽远志 (*Polygala wattersii*)、球核荚蒾 (*Viburnum propinquum*) 等。草本层有顶芽狗脊 (*Woodwardia unigemmata*)、狗脊、沿阶草、千里光、大叶贯众 (*Cyrtomium macrophyllum*)、萱草 (*Hemerocallis fulva*)、虎耳草、淫羊藿、紫云英等。层间植物有托柄菝葜 (*Smilax discotis*)、绣球藤 (*Clematis montana*)、乌莓 (*Cayratia japonica*) 等。

石栎林分布于海拔 600m 左右的低山区，乔木层郁闭度 0.6，石栎为建群种，伴生种有杉木、马尾松、枫香、山矾、毛叶木姜子 (*Litsea mollis*)、野漆 (*Toxicodendron succedaneum*)、君迁子 (*Diospyros lotus*) 等。灌木层盖度 75%~90%，常见种有马银花 (*Rhododendron ovatum*)、白木通 (*Akebia trifoliata* subsp. *australis*)、狗骨柴 (*Diplospora dubia*)、杜茎山、百两金 (*Ardisia crispa*)、柃木、乌饭、木荷 (*Schima superba*)、南烛、大叶鼠刺 (*Itea macrophylla*)、宜昌荚蒾、白栎、丝栗 (*Castanopsis chunii*)、铁仔等。草本层盖度 10%~30%，主要组成种类有毛轴铁角蕨 (*Asplenium crinicaule*)、凤尾蕨、金星蕨、苣荬菜 (*Sonchus arvensis*)、荩草、铁芒萁、狗脊等。

甜槠 (*Castanopsis eyrei*) 林分布于海拔 500~800m 的山地，群落结构简单，乔木层以甜槠占绝对优势，伴生种有润楠、栲、山矾、马尾松、麻栎、野茉莉 (*Styrax japonicus*)、矩形叶鼠刺 (*Itea chinensis* var. *oblonga*)、异叶海桐 (*Pittosporum heterophyllum*) 等。灌木层植物稀少，有少量的荚蒾、石楠 (*Photinia serrulata*)、油茶 (*Camellia oleifera*)、紫珠 (*Callicarpa* sp.)、砾砂根 (*Ardisia crenata*) 等。