

郭云, 王智慧, 张朝晖. 白云岩洞穴洞口弱光带的苔藓群落特征——以绥阳水洞为例[J]. 中国岩溶, 2018, 37(3): 388-399.
DOI: 10. 11932/karst20180309

白云岩洞穴洞口弱光带的苔藓群落特征 ——以绥阳水洞为例

郭云¹, 王智慧², 张朝晖¹

(1. 贵州师范大学 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵阳 550001;

2. 贵州师范大学生命科学院, 贵阳 550001)

摘 要: 白云岩洞穴是喀斯特山区特有的生境之一, 其洞口弱光带发育了独特的苔藓植物群落。文章以贵州绥阳县的水洞为例, 探讨了白云岩洞穴洞口弱光带的苔藓群落物种组成、类型及生态分布特征。2015 年 4 月到 9 月对水洞进行三次野外标本采集, 共采集 60 个样方中的苔藓植物, 记载了该洞穴典型苔藓群落 47 个。研究揭示: (1) 该洞物种组成丰富, 种类由 17 科 34 属 55 种组成, 是中国已知苔藓物种最丰富的洞穴; (2) 生活型单调, 仅有四种类型, 分别是交织型(47.27%)、矮丛集型(34.55%)、平铺型(9.09%)和高丛集型(9.09%); (3) 根据生长基质不同, 划分了 4 种苔藓群落大类型, 分别是钙土苔藓群落、白云石生苔藓群落、钙华苔藓群落和水生苔藓群落, 该洞钙华沉积不显著, 仅有少量比例的钙华苔藓群落; (4) 苔藓植物分布在从洞口到洞深 37 m 范围, 随着光照强度从洞口至洞穴深处的变弱, 苔藓群落由多物种群落变化为单一物种群落。

关键词: 白云岩; 洞穴; 苔藓群落; 生活型; 光照; 生态分布

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 1001-4810(2018)03-0388-12

0 引 言

苔藓群落是喀斯特洞穴的主要隐花生物类群之一, 也是洞穴生态系统的重要组成部分^[1-6]。苔藓群落在洞穴中主要集中分布在洞口位置, 也就是洞穴弱光带(cave twilight zones)或小气候急剧变化地带^[7]。长期以来, 国内外对石灰岩洞穴苔藓的研究较多^[7-11], 而关于白云岩洞穴苔藓方面的专题研究不多, 研究范围较窄, 内容只涉及苔藓物种分类和钙华沉积方面^[1, 9]。开展白云岩洞穴苔藓植物群落的研究, 可以丰富对喀斯特地区洞穴生物多样性的认识, 探索白云岩洞穴中植物群落的独特性, 并有助于探讨喀斯特洞穴中苔藓群落与洞穴沉积物的关系^[2-3, 9, 12]。

水洞是典型的白云岩洞穴, 发育在贵州绥阳县喀

斯特地区巨厚的白云岩层之中, 是双河洞洞穴系统中的一个支洞。我们在前期野外工作中, 发现该洞穴发育在喀斯特障谷的峭壁底部, 洞口水平发育且具一条地下河, 周边喀斯特森林植被良好, 洞穴口常阴湿多雾, 苔藓植物丰富, 是开展白云岩洞穴苔藓群落研究的理想地点。因此, 我们选取该洞为研究对象, 探讨白云岩洞穴洞口弱光带的苔藓群落物种组成、类型、生态分布特征, 为双河洞国家地质公园洞穴生物多样性保护以及自然环境管理提供基础资料。

1 研究地点与研究方法

1.1 研究地点概况

水洞位于贵州省绥阳县双河洞国家地质公园内, 海拔为 751 m, 地理坐标为东经 107°16′29.35″, 北纬

基金项目: 国家自然科学基金(31160042)“南方喀斯特山区石漠苔藓植物区系特征及其水土保持意义研究”

第一作者简介: 郭云(1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为环境科学。E-mail: sunshinegyun@163.com。

通信作者: 张朝晖(1963—), 男, 教授, 博士生导师, 从事植物学和生态学研究, E-mail: academiclife@126.com; 王智慧(1969—), 女, 教授, 从事生态学环境科学和生态学研究, E-mail: wangzhihui222@126.com。

收稿日期: 2017-05-12

28°14'35.75",位于喀斯特障谷底部,四周植被保存完好,周边地貌类型有峰丛谷地、峰丛洼地、盲谷、地下河、天坑等类型多样的地貌形态^[13-14]。双河洞洞穴系统经中法洞穴专家十多次的联合考察,已探明长度达 238.48 km,成为亚洲第一长洞,也是世界已探明

的最长的白云岩洞穴^[15]。水洞是该洞穴系统的一个支洞。洞穴中有地下河流出,水质清澈,水体 pH 值为 8.14,洞内湿度较大;洞口水平发育,高约 14 m,宽约 24.5 m,光照条件较好;在洞深约 43 m 处洞道转弯,并且再往深处全为水域。

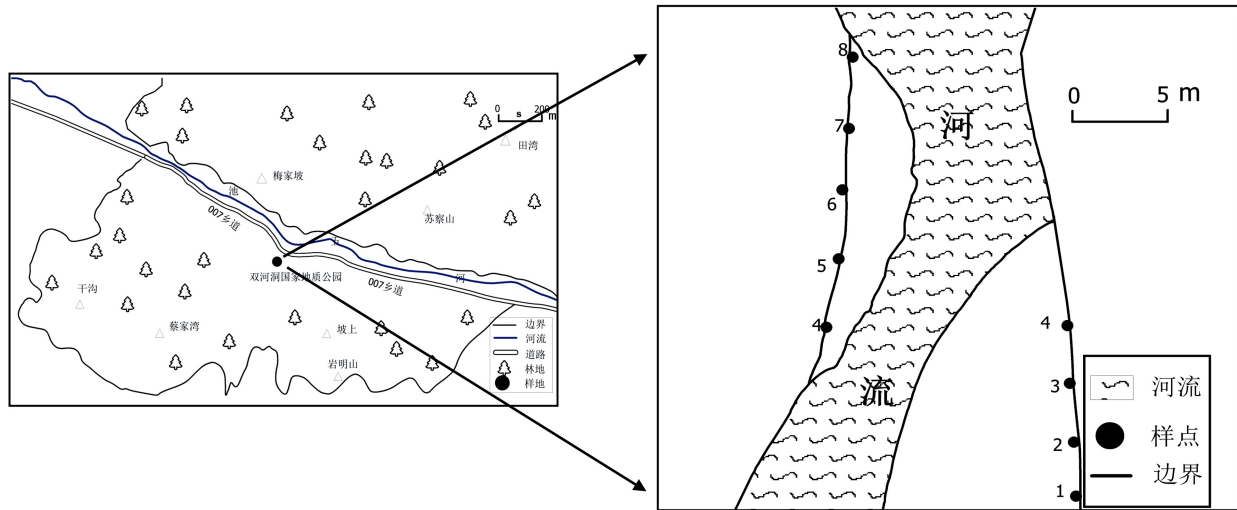


图 1 双河洞国家地质公园水洞采样平面图

Fig. 1 Sampling planar diagram of Shuidong Cave in Shuanghedong National Geological Park

1.2 研究方法

1.2.1 野外标本采集

2015年4月18日到2015年9月29进行三次野外标本采集,使用GPS(eTrex20)定位仪、温湿度测定仪(AR847+)、照度计(AR823+)和数码相机对采集的环境、标本进行记录。每个样地内设置10个10 cm×10 cm的小样方,将每个小样方内的全部苔藓

记为一个苔藓群落,从洞口开始,以5 m的间隔设置样地,并向洞内延伸呈带状采样。于37 m处,采集到最后一份苔藓,再往深处无苔藓植物生长。现场详细记录每份标本的采集编号、生境、海拔、经纬度、盖度。由于洞内有地下河流出,并且在洞口带(0~43 m)地下河是沿洞底斜流而出,所以样品分为左右两侧采集,共采集了80个样方中的苔藓标本(见表1)。

表 1 水洞样地分布及环境因子

Table 1 Distribution of samples and environmental factors in Shuidong Cave

样地	距洞口距离/m	样方数量		温度/°C	湿度/%	光照度/Lux
		洞左侧	洞右侧			
1	0	0	10	18.10	89.90	12 185.0
2	5	0	10	17.80	90.05	8 190.0
3	10	0	10	17.60	89.70	3 900.5
4	15	5	5	17.60	90.45	1 650.7
5	20	5	0	16.90	90.75	465.6
6	25	5	0	17.55	90.55	329.6
7	30	5	0	17.55	90.10	142.1
8	35	5	0	17.10	91.30	50.9

注:左右均以笔者面向洞口站立而论;温度、湿度、光照度都是采集自阴天,数值取2015年7月份和9月份平均值。

1.2.2 室内标本整理

参考《中国苔藓志》第二、四、六、七、八卷和《中国苔纲和角苔纲植物属志》及相关苔藓分类工具书,借助 HWG-1 型解剖镜、BOS200 型显微镜进行绘图及标本整理鉴定工作。

1.2.3 苔藓群落划分

苔藓植物群落的命名采用优势种命名的原则^[16-18],生活型的统计采用 Magdefrau K. 的分类系统^[19]进行划分统计。

2 结果与分析

2.1 苔藓群落物种组成

经鉴定和分析,发现水洞苔藓群落物种组成丰富,共有 17 科 34 属 55 种,是我国已调查喀斯特洞穴中苔藓物种最丰富的洞穴^[1,2,9,11],比黄果树水帘洞的苔藓物种多 22 种^[9,11],比贵州飞龙洞苔藓植物多 39 种^[21],比云南宜良县白云洞的苔藓物种多 48 种^[1],比桂林喻家山悬洞的苔藓物种多 51 种^[22]。其中,苔类(Liverworts)7 科 7 属 9 种(见表 2),主要分布在洞口靠水边湿潮的位置。常见的有:溪苔 *Pellia epiphylla*、粗裂地钱原亚种 *Marchantia paleacea* subsp. *paleacea* 和蛇苔 *Conocephalum conicum* 等。沿洞穴 11.5~30 m 处潮湿白云岩壁或地面的钙质薄土上,分布了的洞穴特有生物——叶状体的光苔 *Cythodium* sp. (由于未采集到其孢子,没有鉴定到种)。

藓类(Mosses)是该洞穴的主要类群,有 10 科

27 属 46 种。洞内主要分布的藓类有:折叶扭藓 *Tortella fragilis*、反扭藓 *Timmiella anomala*、细叶拟睫合藓 *Pseudosymblypharis duriuscula* 等。其中,优势科(≥ 3 属)为青藓科 Brachytheciaceae、丛藓科 Pottiaceae 和提灯藓科 Mniaceae。优势属(≥ 3 种)为真藓属 *Bryum*、匍灯藓属 *Plagiomnium*、凤尾藓属 *Fissidens*、长喙藓属 *Rhynchostegium*、青藓属 *Brachythecium*、美喙藓属 *Rhynchostegium* 和泽藓属 *Philonotis*,优势种(≥ 6 频次)为拟小凤尾藓 *Fissidens tosaensis*、小泽藓 *Philonotis calomicra*、反扭藓 *Timmiella anomala*、卵叶长喙藓 *Rhynchostegium ovalifolium* 和美灰藓 *Eurohypnum leptothallum* 等。

2.2 苔藓群落生活型

生活型是苔藓生长类型、群集方式及其对外界环境长期适应的综合反映,通过对苔藓群落生活型的研究,可以了解环境的一般特征^[4]。水洞作为一个典型的白云岩洞穴,其苔藓群落物种生活型主要有 4 种:交织型 26 种,占总数的 47.27%,该类型苔藓多生长湿度较大的河边;矮丛集型 19 种,占总数的 34.55%,此类型苔藓生长的环境相对来说比较干燥、且耐受性强^[20];平铺型 5 种,占总数的 9.09%,高丛集型 5 种,占总数的 9.09%,这两种类型苔藓生长对环境要求比较高,一般在生态保护较好的潮湿的地方可以见到。矮丛集型主要分布在该白云岩洞穴的洞壁上,且集中在洞口 10~35 m 处,这是因为洞壁凹凸不平,凸出的部位干燥且接受光照要多于洞底部;交织型、高丛集型和平铺型 3 种类型所占比例大,是因

表 2 水洞苔藓群落物种统计

Table 2 Statistics of bryophyte species in Shuidong Cave

科名 Families	属名 Genera	种名 Species	样地分布 Plots
地钱科 Marchantiaceae	地钱属 <i>Marchantia</i>	粗裂地钱原亚种 <i>Marchantia paleacea</i> subsp. <i>paleacea</i>	1,2
		粗裂地钱风兜亚种 <i>Marchantia paleacea</i> subsp. <i>diptera</i>	2
苔类 Liverworts	溪苔 <i>Pellia</i>	溪苔 <i>Pellia epiphylla</i>	1,2
		花叶溪苔 <i>Pellia endiviaefolia</i>	1
羽苔科 Plagiochilaceae	黄羽苔属 <i>Xenochila</i>	黄羽苔 <i>Xenochila integrifolia</i>	1
蛇苔科 Conocephalaceae	蛇苔 <i>Conocephalum</i>	蛇苔 <i>Conocephalum conicum</i>	1,3
裂叶苔科 Lophoziaaceae	裂叶苔属 <i>Lophozia</i>	小裂叶苔 <i>Lophozia collaris</i>	1
地萼苔科 Geocalyceae	拟蒴囊苔 <i>Saccogynidium</i>	糙叶拟蒴囊苔 <i>Saccogynidium muricellum</i>	1
光苔科 Cythodiaceae	光苔属 <i>Cythodium</i>	光苔 <i>Cythodium</i> sp.	3,4,5,6,7

续表 2

科名 Families	属名 Genera	种名 Species	样地分布 Plots	
丛藓科 Pottiaceae	扭藓属 <i>Tortella</i>	折叶扭藓 <i>Tortella fragilis</i>	2,5,6	
	反扭藓属 <i>Timmiella</i>	反扭藓 <i>Timmiella anomala</i>	1,2,3,4	
	石灰藓属 <i>Hydrogonium</i>	石灰藓 <i>Hydrogonium ehrenbergii</i>	2	
	净口藓属 <i>Gymnostomum</i>	钩喙净口藓 <i>Gymnostomum recurvirostre</i>	1,3	
	扭口藓属 <i>Barbula</i>	剑叶扭口藓 <i>Barbula rufidula</i>	2	
	小石藓属 <i>Weissia</i>	小口小石藓 <i>Weissia microstoma</i>	3,4	
	酸土藓属 <i>Oxystegus</i>	小酸土藓 <i>Oxystegus cuspidatus</i>	5	
		酸土藓 <i>Oxystegus cylindricus</i>	4	
	拟合睫藓属 <i>Pseudosymblypharis</i>	细叶拟睫合藓 <i>Pseudosymblypharis duriuscula</i>	3,4,6	
	青藓科 Brachytheciaceae	美喙藓属 <i>Eurhynchium</i>	小叶美喙藓 <i>Eurhynchium filiforme</i>	1
羽枝美喙藓 <i>Eurhynchium longirameum</i>			2,3,5	
短尖美喙藓 <i>Eurhynchium angustirete</i>			3,4	
疏网美喙藓 <i>Eurhynchium laxirete</i>			7,8	
长喙藓属 <i>Rhynchostegium</i>		卵叶长喙藓 <i>Rhynchostegium ovalifolium</i>	1,4	
		淡枝长喙藓 <i>Rhynchostegium pallidifolium</i>	1	
		水生长喙藓 <i>Rhynchostegium riparioides</i>	2,4	
青藓属 <i>Brachythecium</i>		小青藓 <i>Brachythecium perminusculum</i>	4	
		林地青藓 <i>Brachythecium starkei</i>	2	
		长肋青藓 <i>Brachythecium populeum</i>	1	
细喙藓属 <i>Rhynchostegiella</i>	光柄细喙藓 <i>Rhynchostegiella laeviseta</i>	1		
燕尾藓属 <i>Bryhnia</i>	密枝燕尾藓 <i>Bryhnia serricuspis</i>	1,2		
藓类 Mosses	匍灯藓属 <i>Plagiomnium</i>	尖叶匍灯藓 <i>Plagiomnium acutum</i>	1	
		大叶匍灯藓 <i>Plagiomnium succulentum</i>	2	
		粗齿匍灯藓 <i>Plagiomnium drummondii</i>	4	
	立灯藓属 <i>Orthomnium</i>	南亚立灯藓 <i>Orthomnium bryoides</i>	1	
		提灯藓属 <i>Mnium</i>	异叶提灯藓 <i>Mnium heterophyllum</i>	
	毛灯藓属 <i>Rhizomnium</i>	细枝毛灯藓 <i>Rhizomnium striatulum</i>	7	
	羽藓科 Thuidiaceae	麻羽藓属 <i>Claopodium</i>	卵叶麻羽藓 <i>Claopodium leptopteris</i>	2
			狭叶麻羽藓 <i>Claopodium aciculum</i>	8
	细羽藓属 <i>Cyrtohypnum</i>	多疣细羽藓 <i>Cyrtohypnum pygmaeum</i>	1	
	灰藓科 Hypnaceae	长灰藓属 <i>Herzogiella</i>	残齿长灰藓 <i>Herzogiella renitens</i>	3
孔雀藓科 Hypopterygiaceae	美灰藓属 <i>Eurohypnum</i>	美灰藓 <i>Eurohypnum leptothallum</i>	4,5,6,7,8	
	孔雀藓属 <i>Hypopterygium</i>	黄边孔雀藓 <i>Hypopterygium flavo-limbatum</i>	4,7	
凤尾藓科 Fissidentaceae	树雉尾藓属 <i>Dendroclypeum</i>	树雉尾藓 <i>Dendroclypeum decolyi</i>	4	
		拟小凤尾藓 <i>Fissidens tosaensis</i>	3,4,5,6,8	
		暗色凤尾藓 <i>Fissidens obscuriote</i>	6	
		鳞叶凤尾藓 <i>Fissidens taxifolius</i>	3,5	
		小凤尾藓原变种 <i>Fissidens bryoides</i>	7	
直叶凤尾藓 <i>Fissidens strictulus</i>	8			
珠藓科 Bartramiaceae	泽藓属 <i>Philonotis</i>	小泽藓 <i>Philonotis calomicra</i>	1,2,3	
		东亚泽藓 <i>Philonotis turneriana</i>	2,3	
		钙土泽藓 <i>Philonotis calcarea</i>	2	
真藓科 Bryaceae	真藓属 <i>Bryum</i>	双色真藓 <i>Bryum dichotomum</i>	6	
		拟三列真藓 <i>Bryum psudotriquetrum</i>	1	
		蕊形真藓 <i>Bryum coronatum</i>	1	
牛毛藓科 Ditrchaceae	牛毛藓属 <i>Ditrchum</i>	卷叶牛毛藓 <i>Ditrchum difficile</i>	3	
合计	17 科	34 属	55 种	

为该白云岩洞穴有暗河流出,湿度较大,适合这类生活型的苔藓生长。与云南罗平喀斯特河谷和香纸沟等地的苔藓生活型相比,水洞苔藓群落生活型种类较少^[24-26],可以看出水洞苔藓生活型较为单调。

2.3 群落类型及生态分布

2.3.1 群落类型

该白云岩洞穴共发现有典型苔藓群落 47 个,根据生长的基质不同划分为 4 种苔藓群落类型,分别是:钙土苔藓群落,占总数的 45%;石生苔藓群落占总数的 21%;钙华苔藓群落占总数的 19%;水生苔藓群落占总数的 15%。与石灰岩洞穴相比,该白云岩洞穴钙华沉积不明显^[2,7],钙土苔藓群落在该洞穴中属于优势类型。单一物种群落有 20 种:9 个钙华苔藓群落中有 6 个单一物种群落,占钙华苔藓群落总数的 67%;21 个钙土苔藓群落中有 9 个单一物种群落,占该类型苔藓群落总数的 43%;10 个石生苔藓群落中有 3 个单一物种群落,占石生苔藓群落总数的 30%;7 个水生苔藓群落中有 2 个单一物种群落,占该类型苔藓群落总数的 29%。钙华苔藓群落类型的单一物种群落所占比重最大,这是由于钙华苔藓群落都生长在洞壁上,与水生苔藓群落和钙土苔藓群落比较基质里面的湿度较小,与石生苔藓群落相比,光照

不足(石生苔藓群落一般都生长在向光处),所以钙华苔藓群落类型里面单一物种群落所占比重较大。

2.3.1.1 钙土苔藓群落

钙土苔藓群落是在白云石钙质薄土上生长的苔藓群落,该苔藓群落在每个样地都有分布,在水洞中共有 21 个钙土苔藓群落,数量较多,从洞口一直到洞深 36 m 处都有出现。其中,光苔纯群落 *Cyathodium* sp. Com. 生长在土层较厚地方,并且光苔群落出现范围为距洞口 11.5 m 到 30 m;拟小凤尾藓—短尖美喙藓群落 *Fissidens tosaensis* — *Eurhynchium angustirete* Com.、卵叶长喙藓纯群落 *Rhynchostegium ovalifolium* Com. 和细叶拟睫合藓纯群落 *Pseudosymblypharis duriuscula* Com. 生长在洞壁钙质薄土上或者石上钙质薄土中,这 4 种苔藓群落在钙土苔藓群落里出现次数较多,是该洞穴常见钙土苔藓群落(见表 3)。在石灰岩洞穴中钙华苔藓群落一般比较典型^[7],而白云岩洞穴中钙土苔藓群落发育典型,这是由于暴露在地表上的白云岩比石灰岩颜色深,土壤风化较快,并且白云岩表面比石灰岩粗糙,能留住水分,更能留住土壤,这些都有利于植物生长^[23]和钙土群落的形成。

表 3 水洞钙土苔藓群落及其分布环境

Table 3 Bryophyte communities on calcareous soil and their distributional environment in Shuidong Cave

苔藓群落类型 The type of bryophyte communities	群落名称 Community name	种类组成 Species composition	样点小环境 Micro-environment of sample	样地分布 Plots
钙土苔藓群落 Bryophyte communities of calcareous soil	粗裂地钱原亚种—小泽藓群落 <i>Marchantia paleacea</i> subsp. <i>paleacea</i> — <i>Philonotis calomicra</i> Com.	优: <i>Marchantia paleacea</i> subsp. <i>paleacea</i> + <i>Philonotis calomicra</i> 伴: 花叶溪苔 <i>Pellia endiviaefolia</i> 黄羽苔 <i>Xenochila integrifolia</i> 小裂叶苔 <i>Lophozia collaris</i> 溪苔 <i>Pellia epiphylla</i> 反组藓 <i>Timmiella anomala</i> 蕊形真藓 <i>Bryum coronatum</i>	位于洞口右侧,生长于石上薄土,周围有蕨类植物和种子植物,距洞口 1 m On calcareous soil at the right side within cave 1 m, surrounded by ferns and phanerogams.	1
	小泽藓—溪苔群落 <i>Philonotis calomicra</i> — <i>Pellia epiphylla</i> Com.	优: <i>Philonotis calomicra</i> + <i>Pellia epiphylla</i> 伴: 淡枝长喙藓 <i>Rhynchostegium palidifolium</i>	位于洞口右侧,生长于石上薄土,周围有蕨类植物和种子植物,距洞口 1 m On calcareous soil at the right side within cave 1 m, surrounded by ferns and phanerogams.	1
	蛇苔—小泽藓群落 <i>Conocephalum conicum</i> — <i>Philonotis calomicra</i> Com.	优: <i>Conocephalum conicum</i> + <i>Philonotis calomicra</i> 伴: 南亚立灯藓 <i>Orthomnion bryoides</i> 反组藓 <i>Timmiella anomala</i> 密枝燕尾藓 <i>Bryhnia serricuspis</i>	位于洞口右侧,生长于石上薄土,周围有蕨类植物和种子植物,距洞口 3 m On calcareous soil at the right side within cave 3 m, surrounded by the ferns and phanerogams.	1

续表 3

苔藓群落类型 The type of bryophyte communities	群落名称 Community name	种类组成 Species composition	样点小环境 Micro-environment of sample	样地分布 Plots
	拟三列真藓—卵叶长喙藓群落 <i>Bryum psudotriquetrum</i> — <i>Rhynchostegium ovalifolium</i> Com.	优: <i>Bryum psudotriquetrum</i> + <i>Rhynchostegium ovalifolium</i> 伴: 光柄细喙藓 <i>Rhynchostegiella laevisetata</i> 小泽藓 <i>Philonotis calomicra</i> 尖叶斛灯藓 <i>Plagiomnium acutum</i> 长肋青藓 <i>Brachythecium populeum</i>	位于洞口右侧, 生长于洞底部潮湿钙土, 周围有蕨类植物和种子植物, 距洞口 5 m On wet calcareous soil at the right side within cave 5 m, surrounded by the ferns and phanerogams.	1
	卵叶长喙藓纯群落 <i>Rhynchostegium ovalifolium</i> Com.	<i>Rhynchostegium ovalifolium</i>	位于洞口右侧, 生长于洞底部钙土, 潮湿, 周围有蕨类植物和种子植物, 距洞口 3—5 m On calcareous soil at the right side within cave 3—5 m, surrounded by the ferns and phanerogams.	1
	多疣细羽藓—卵叶长喙藓群落 <i>Cyrtohypnum pygmaeum</i> — <i>Rhynchostegium ovalifolium</i> Com.	<i>Cyrtohypnum pygmaeum</i> + <i>Rhynchostegium ovalifolium</i>	位于洞口右侧, 生长于洞底部钙土, 潮湿, 周围有蕨类植物和种子植物, 距洞口 4 m。 On calcareous soil at the right side within cave 4 m, surrounded by the ferns and phanerogams.	1
钙土苔藓群落 Bryophyte communities of calcareous soil	反纽藓—羽枝美喙藓群落 <i>Timmiella anomala</i> — <i>Eurhynchium longirameum</i> Com.	优: <i>Timmiella anomala</i> + <i>Eurhynchium longirameum</i> 伴: 异叶提灯藓 <i>Mnium heterophyllum</i> 东亚泽藓 <i>Philonotis turneriana</i>	位于洞口右侧, 生长于洞底部钙土, 潮湿, 周围有蕨类植物和种子植物, 距洞口 7 m On calcareous soil at the right side within cave 7 m, surrounded by the ferns and phanerogams.	2
	反纽藓—小泽藓群落 <i>Timmiella anomala</i> — <i>Philonotis calomicra</i> Com.	优: <i>Timmiella anomala</i> + <i>Philonotis calomicra</i> 伴: 残齿长灰藓 <i>Herzogiella renitens</i>	位于洞口右侧, 生长于白云岩洞壁上薄土, 距洞口 11 m On calcareous soil at the right wall within cave 11 m.	3
	光苔纯群落 <i>Cyathodium</i> sp. Com.	<i>Cyathodium</i> sp.	从 11.5 m 处出现光苔, 一直到 30 m 处消失, 在洞穴的两侧都有分布, 生长于石上薄土或洞壁土 The <i>Cyathodium</i> sp. grow on the stone thin soil or the soil cave wall, distributing on both side of the cave 11.5—25 m.	3, 4, 5, 6
	拟小凤尾藓—短尖美喙藓群落 <i>Fissidens tosaensis</i> — <i>Eurhynchium angustirete</i> Com.	<i>Fissidens tosaensis</i> + <i>Eurhynchium angustirete</i>	位于洞口右侧, 生长于石上薄土, 周围有蕨类植物和种子植物, 距洞口 10 m On calcareous soil at the right side within cave 10 m, surrounded by the ferns and phanerogams.	3
	小口小石藓—反纽藓群落 <i>Weissia microstoma</i> — <i>Timmiella anomala</i> Com.	<i>Weissia microstoma</i> + <i>Timmiella anomala</i>	位于洞口右侧, 生长于洞底部石头上薄土。周围有种子植物, 距洞口 12 m On calcareous soil at the right side within cave 12 m, surrounded by the ferns and phanerogams.	3

续表 3

苔藓群落类型 The type of bryophyte communities	群落名称 Community name	种类组成 Species composition	样点小环境 Micro-environment of sample	样地分布 Plots
钙土苔藓群落 Bryophyte communities of calcareous soil	细叶拟睫合藓—卷 叶牛毛藓群落 <i>Pseudosymblepharis duriuscula-Dit- rhum difficile</i> Com.	<i>Pseudosymblepharis duriuscula + Dit- rhum difficile</i>	位于洞口右侧, 生长于白云岩洞壁薄 土, 距洞口 12 m On calcareous soil at the right wall within cave 7 m, surrounded by the ferns and phanerogams.	3
	细叶拟睫合藓纯群 落 <i>Pseudosym- blepharis duriuscula</i> Com.	<i>Pseudosymblepharis duriuscula</i>	洞口左右两侧都有分布, 生长于白云岩 洞壁薄土, 距洞口 10~15 m On calcareous soil at the both wall within cave 10-15 m.	3,4
	小口小石藓纯群落 <i>Weissia microstoma</i> Com.	<i>Weissia microstoma</i>	洞口左右两侧都有分布, 生长于白云岩 洞壁薄土, 距洞口 15 m On calcareous soil at the both wall within cave 15 m.	4
	树雉尾藓纯群落 <i>Dendrocypthorum</i> <i>decolyi</i> Com.	<i>Dendrocypthorum decolyi</i>	洞口左右两侧都有分布, 生长于白云岩 洞壁薄土, 距洞口 17 m On calcareous soil at the both wall within cave 17 m.	4
	酸土藓纯群落 <i>Oxystegus cylindri- cus</i> Com.	<i>Oxystegus cylindricus</i>	洞口左右两侧都有分布, 生长于白云岩 洞壁薄土, 距洞口 18 m On calcareous soil at the both wall within cave 18 m.	4
	拟小凤尾藓—美灰藓 <i>Fissidens tosaensis</i> — <i>Eurohypnum lep- tothallum</i> Com.	<i>Fissidens tosaensis + Eurohypnum lep- tothallum</i>	位于洞口左侧, 生长于白云岩洞壁薄 土, 距洞口 25 m On calcareous soil at the left wall with- in cave 25 m.	6
	羽枝美喙藓纯群落 <i>Eurhynchium longi- rameum</i> Com.	<i>Eurhynchium longirameum</i>	位于洞口左侧, 生长于白云岩洞壁薄 土, 距洞口 23 m On calcareous soil at the left wall with- in cave 23 m.	5
	暗色凤尾藓纯群落 <i>Fissidens obscuriete</i> Com.	<i>Fissidens obscuriete</i>	位于洞口左侧, 生长于白云岩洞壁薄 土, 距洞口 25 m On calcareous soil at the left wall with- in cave 25 m.	6
	拟小凤尾藓—直叶 凤尾藓群落 <i>Fissidens tosaensis</i> — <i>Fissi- dens strictulus</i> Com.	<i>Fissidens tosaensis + Fissidens strictu- lus</i>	位于洞口左侧, 生长于白云岩潮湿洞壁 薄土, 距洞口 35 m On calcareous soil at the left wall with- in cave 35 m.	8
狭叶麻羽藓纯群落 <i>Claopodium acicu- lum</i> Com.	<i>Claopodium aciculum</i>	位于洞口左侧, 生长于白云岩潮湿洞壁 薄土, 距洞口 36 m On calcareous soil at the left wall within cave 36 m.	8	

2.3.1.2 石生苔藓群落

石生苔藓群落是生长在洞内潮湿的白云石上一种常见的苔藓群落,一般所生长的苔藓植物都是向光生长,背光处很少生长。该洞穴中,除了样地 6 和样

地 8 以外,在其他样地中都有分布,共有 10 个石生苔藓群落,分布在洞口至洞深 30 m 处,潮湿的白云石上均有石生苔藓群落出现(见表 4)。

表 4 水洞白云岩石生苔藓群落及其分布环境

Table 4 Bryophyte communities on the dolomite and their distributional environment in Shuidong Cave

苔藓群落类型 The type of bryophyte communities	群落名称 Community name	种类组成 Species composition	样点小环境 Micro-environment of sample	样地分布 Plots
石生苔藓群落 Bryophyte communities on the dolomite	溪苔—糙叶拟蒴囊苔群落 <i>Pellia epiphylla</i> — <i>Saccogynidium muricellum</i> Com.	<i>Pellia epiphylla</i> + <i>Saccogynidium muricellum</i>	位于洞口右侧,洞底部白云岩石生,潮湿,距洞口 2 m On wet dolomite within cave right 2 m.	1
	石灰藓纯群落 <i>Hydrogonium ehrenbergii</i> Com.	<i>Hydrogonium ehrenbergii</i>	位于洞口右侧,洞底部石生,潮湿,距洞口 7 m On wet dolomite within cave right 7 m.	2
	剑叶扭口藓纯群落 <i>Barbula rufidula</i> Com.	<i>Barbula rufidula</i>	位于洞口右侧,洞底部石生,潮湿,距洞 9 m On wet dolomite within cave right 9 m.	2
	蛇苔—短尖美喙藓群落 <i>Conocephalum conicum</i> — <i>Eurhynchium angustirete</i> Com.	优: <i>Conocephalum conicum</i> + <i>Eurhynchium angustirete</i> 伴:羽枝美喙藓 <i>Eurhynchium longirameum</i> 东亚泽藓 <i>Philonotis turneriana</i>	位于洞口右侧,洞底部石生,潮湿,距洞 11 m On wet dolomite within cave right 11 m.	3
	鳞叶凤尾藓纯群落 <i>Fissidens taxifolius</i> Com.	<i>Fissidens taxifolius</i>	位于洞口右侧,洞底部石生,潮湿,距洞 14 m On wet dolomite within cave right 14 m.	3
	拟小凤尾藓—反扭藓群落 <i>Fissidens tosaensis</i> — <i>Timmiella anomala</i> Com.	优: <i>Fissidens tosaensis</i> + <i>Timmiella anomala</i> 伴:黄边孔雀藓 <i>Hypopterygium flavo-limbatum</i> 粗齿匍灯藓 <i>Plagiomnium drummondii</i> 美灰藓 <i>Eurohypnum leptothallum</i>	洞口左右两侧都有分布,洞底部石生,潮湿,距洞 16 m On wet dolomite within both side of cave 16 m.	4
	短尖美喙藓—大叶匍灯藓群落 <i>Eurhynchium angustirete</i> — <i>Plagiomnium succulentum</i> Com.	优: <i>Eurhynchium angustirete</i> + <i>Plagiomnium succulentum</i>	洞口左右两侧都有分布,洞底部石生,潮湿距洞 17 m On wet dolomite within both side of cave 17 m.	4
	拟小凤尾藓—小酸土藓群落 <i>Fissidens tosaensis</i> — <i>Oxystegus cuspidatus</i> Com.	优: <i>Fissidens tosaensis</i> + <i>Oxystegus cuspidatus</i> 伴:折叶扭藓 <i>Tortella fragilis</i>	位于洞口左侧,洞底部石生,潮湿,距洞 20 m On wet dolomite within cave left 20 m.	5
	鳞叶凤尾藓—美灰藓群落 <i>Fissidens taxifolius</i> — <i>Eurohypnum leptothallum</i> Com.	<i>Fissidens taxifolius</i> + <i>Eurohypnum leptothallum</i>	位于洞口左侧,洞底部石生,潮湿,距洞 24 m On wet dolomite within cave left 24 m.	5
	细枝毛灯藓群落 <i>Rhizomnium striatulum</i> Com.	优: <i>Rhizomnium striatulum</i> 伴:美灰藓 <i>Eurohypnum leptothallum</i>	位于洞口左侧,洞底部石生,潮湿,距洞 30 m On wet dolomite within cave left 30 m.	7

2.3.1.3 钙华苔藓群落

钙华苔藓群落是生长在该洞壁潮湿的白云岩上,并且参与洞穴钙华沉积过程的一种苔藓群落。该苔藓群落除了样地 4 以外,在其他样地中都有分布,与石灰岩洞穴相比^[3],钙华沉积不典型。该洞穴中共有 9 个钙华苔藓群落,从距洞口 3 m 至 37 m 处均有分

布。其中,参与白云岩钙华沉积的苔藓群落有:钩喙净口藓纯群落 *Gymnostomum recurvirostre* Com.、折叶扭藓纯群落 *Tortella fragilis* Com.、疏网美喙藓纯群落 *Eurhynchium laxirete* Com.、美灰藓纯群落 *Eurohypnum leptothallum* Com. 等(见表 5)。

表 5 水洞钙华苔藓群落及其分布环境

Table 5 Bryophyte communities on travertine and their distributional environment in Shuidong Cave

苔藓群落类型 The type of bryophyte communities	群落名称 Community name	种类组成 Species composition	样点小环境 Micro-environment of sample	样地分布 Plots
	细叶拟睫合藓—双色真藓群落 <i>Pseudosymblypharis duriuscula</i> — <i>Bryum dichotomum</i> Com.	<i>Pseudosymblypharis duriuscula</i> + <i>Bryum dichotomum</i>	生长于洞口左侧洞壁钙华上,潮湿,距洞 27 m On wet travertine of left wall within cave 27 m.	6
	钩喙净口藓纯群落 <i>Gymnostomum recurvirostre</i> Com.	<i>Gymnostomum recurvirostre</i>	生长于洞口右侧洞壁钙华上,潮湿,距洞口 3~14 m On wet travertine of right wall within cave 3—14 m.	1,3
	蛇苔—反扭藓群落 <i>Conocephalum conicum</i> — <i>Timmiella anomala</i> Com.	优: <i>Conocephalum conicum</i> + <i>Timmiella anomala</i> 伴: 小叶美喙藓 <i>Eurhynchium filiforme</i>	生长于洞口右侧洞壁钙华上,潮湿,距洞口 3 m On wet travertine of right wall within cave 3 m.	1
	粗裂地钱风兜亚种—反扭藓群落 <i>Marchantia paleacea</i> subsp. <i>diptera</i> — <i>Timmiella anomala</i> Com.	优: <i>Marchantia paleacea</i> subsp. <i>diptera</i> + <i>Timmiella anomala</i> 伴: 折叶扭藓 <i>Tortella fragilis</i>	生长于洞口右侧洞壁钙华上,潮湿,距洞口 10 m On wet travertine of right wall within cave 10 m.	2
钙华苔藓群落 Bryophyte communities on travertine	折叶扭藓纯群落 <i>Tortella fragilis</i> Com.	<i>Tortella fragilis</i>	生长于洞口左侧洞壁钙华上,潮湿,距洞口 20~29 m On wet travertine of left wall within cave 20—29 m.	5,6
	疏网美喙藓纯群落 <i>Eurhynchium laxirete</i> Com.	<i>Eurhynchium laxirete</i>	生长于洞口左侧洞壁钙华上,潮湿,距洞口 30~37 m On wet travertine of left wall within cave 30—37 m.	7,8
	黄边孔雀藓纯群落 <i>Hypopterygium flavo-limbatum</i> Com.	<i>Hypopterygium flavo-limbatum</i>	生长于洞口左侧洞壁钙华上,潮湿,距洞口 32 m On wet travertine of left wall within cave 32 m.	7
	小凤尾藓纯群落 <i>Fissidens bryoides</i> Com.	<i>Fissidens bryoides</i>	生长于洞口左侧洞壁钙华上,潮湿,距洞口 34 m On wet travertine of left wall within cave 34 m.	7
	美灰藓纯群落 <i>Eurohypnum leptothallum</i> Com.	<i>Eurohypnum leptothallum</i>	生长于洞口左侧洞壁钙华上,潮湿,距洞口 30~37 m On wet travertine of left wall within cave 30—37 m.	7,8

2.3.1.4 水生苔藓群落

水生苔藓群落是附生在洞中的河流里或河流边白云石上的一种苔藓群落,该苔藓群落在水洞中只在样地 2 和样地 4 中有出现,分布范围较窄,沿河流分布,受到河流的影响较大。在该洞穴中共有 7 个水生苔藓群落,在距洞口 5 m 至 15 m 处均有水生苔藓群

落出现。其中,水生长喙藓纯群落 *Rhynchostegium riparioides* Com. 在距水面 2~3 cm 处生长,卵叶长喙藓—小青藓群落 *Rhynchostegium ovalifolium*—*Brachythecium perminusculum* Com. 最深可在距水面 15 cm 处生长,其他苔藓群落都生长在水边,潮湿是这些水生苔藓群落生长环境的共同特征(见表 6)。

表 6 水洞水生苔藓群落及其分布环境

Table 6 Aquatic bryophyte communities and their distributional environment in Shuidong Cave

苔藓群落类型 The type of bryophyte communities	群落名称 Community name	种类组成 Species composition	样点小环境 Micro-environment of sample	样地分布 Plots
	密枝燕尾藓纯群落 <i>Bryhnia serricuspis</i> Com.	<i>Bryhnia serricuspis</i>	位于洞底部河流里,潮湿水生,距洞口 6 m。About 6 meters form the entrance along the river in cave.	2
	粗裂地钱原亚种群落 <i>Marchantia paleacea</i> subsp. <i>paleacea</i> Com.	优: <i>Marchantia paleacea</i> subsp. <i>paleacea</i> 伴: 异叶提灯藓 <i>Mnium heterophyllum</i> 卵叶麻羽藓 <i>Claopodium leptopteris</i> 小泽藓 <i>Philonotis calomicra</i>	位于洞底部河流里,潮湿水生,距洞口 8 m。About 8 meters form the entrance along the river in cave.	2
	花叶溪苔群落 <i>Pellia endiviaefolia</i> Com.	优: <i>Pellia endiviaefolia</i> 伴: 水生长喙藓 <i>Rhynchostegium riparioides</i>	位于洞底部河流里,潮湿水生,距洞口 9 m。About 9 meters form the entrance along the river in cave.	2
水生苔藓群落 Aquatic bryophyte communities	溪苔—异叶提灯藓群落 <i>Pellia epiphylla</i> — <i>Mnium heterophyllum</i> Com.	优: <i>Pellia epiphylla</i> + <i>Mnium heterophyllum</i> 伴: 小泽藓 <i>Philonotis calomicra</i> 钙土泽藓 <i>Philonotis calcarea</i> 林地青藓 <i>Brachythecium starkei</i>	位于洞底部河流里,潮湿水生,距洞口 9 m。About 9 meters form the entrance along the river in cave.	2
	林地青藓—水生长喙藓群落 <i>Brachythecium starkei</i> — <i>Rhynchostegium riparioides</i> Com.	优: <i>Brachythecium starkei</i> + <i>Rhynchostegium riparioides</i> 伴: 大叶匐灯藓 <i>Plagiomnium succulentum</i>	位于洞底部河流里,潮湿水生,大约在水下 2~3 cm。 Under water 2-3 cm in the cave.	2
	水生长喙藓纯群落 <i>Rhynchostegium riparioides</i> Com.	<i>Rhynchostegium riparioides</i>	位于洞底部河流里,潮湿水生,大约在水下 2~3 cm。 Under water 2-3 cm in the cave.	2,4
	卵叶长喙藓—小青藓群落 <i>Rhynchostegium ovalifolium</i> — <i>Brachythecium perminusculum</i> Com.	<i>Rhynchostegium ovalifolium</i> + <i>Brachythecium perminusculum</i>	位于洞底部河流里,潮湿水生,大约在水下 15 cm。 Under water 15 cm in the cave.	4

2.3.2 生态分布

水洞苔藓群落物种数量在洞口带的变化呈一定的规律。受光照逐渐减弱的影响,从洞口至洞深 37 m,苔藓群落物种数量从样地 1 的 21 种急剧下降到样地 8 的 5 种,至洞深 37 m 处,仅有一种苔藓(疏网美喙藓 *Eurhynchium laxirete*)生长,再往深处已无苔藓存在。

苔藓群落物种组成数量也有一定的变化规律。从洞口到洞深 37 m 处,同样受到光照条件逐渐减弱的影响,苔藓群落物种组成由多物种群落转变为单一物种群落。由图 2 可以看出,单一物种群落占绝对的优势,在每个样地都有分布,而 8 个物种群落只有样地 1(洞口)有分布。单一物种群落代表性的有疏网美喙藓纯群落 *Eurhynchium laxirete* Com.、折叶纽

藓纯群落 *Tortella fragilis* Com.、美灰藓纯群落 *Eurohypnum leptothallum* Com.、羽枝美喙藓纯群落 *Eurhynchium longirameum* Com. 等。该洞最深处常见的苔藓群落物种有美灰藓 *Eurohypnum leptothallum*、疏网美喙藓 *Eurhynchium laxirete*、狭叶麻羽藓 *Claopodium aciculum*、拟小凤尾藓 *Fissidens tosaensis*、直叶凤尾藓 *Fissidens strictulus*。

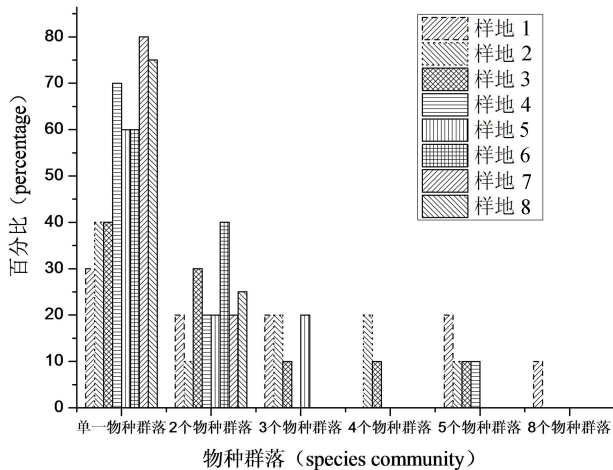


图 2 水洞苔藓群落物种数

Fig. 2 Species number of bryophyte communities in Shuidong Cave

水洞苔藓植物在白云岩洞壁和洞底生长的物种数量也有差异。经统计,生长在洞壁上的苔藓植物种类有 31 种,生长在洞底的苔藓植物种类有 26 种,可以看出,洞壁上生长的苔藓植物种类多于洞底部生长的苔藓植物种类。这是由于在该洞穴中,洞底部受到人类活动的干扰较大,并且地下河属于季节性河流,对洞底部冲刷影响较大,进而影响苔藓植物的生长位置;大部分苔藓生长在洞壁上,在洞穴深处 25~37 m 处苔藓几乎全部生长在洞壁上。洞壁凹凸不平,凸出的部位接受光照要多于洞底部。

地下河在洞口带(0~43 m)是沿洞底斜流而出,把洞口地带分为左右两侧(左右均以笔者面向洞口站立而论),右侧采样最深处为 15 m,苔藓植物种类为 38 种,左侧采样范围为洞口 15~37 m,苔藓植物种类为 22 种,可以看出虽然左侧采样范围大于右侧,但是左侧的苔藓植物种类却少于右侧,这是由于右侧采样范围位于洞口 0~15 m,光照条件充足,苔藓植物种类多样,而左侧位于距洞口 15~37 m,光照较弱,苔藓植物种类较少,可以看出光照是影响苔藓生长的主要因素。

3 结 论

(1)水洞苔藓物种组成丰富,是中国已知苔藓物种最丰富的洞穴,共由 17 科 34 属 55 种组成,其中藓类 10 科 27 属 46 种,苔类 7 科 7 属 9 种。其中,优势科为青藓科、丛藓科和提灯藓科。优势属有真藓属、匍灯藓属、凤尾藓属等,优势种为拟小凤尾藓、小泽藓、反扭藓、卵叶长喙藓和美灰藓。

(2)水洞苔藓群落共有 47 个,根据基质分为钙土、石生、钙华、水生 4 种苔藓群落类型。其中,钙土苔藓群落占总苔藓群落数的 45%,是主要的苔藓群落类型,与水洞白云岩风化成土作用较快有关。与其他群落类型相比,钙华苔藓群落类型的单一物种群落所占比重最大,主要受到湿度和光照程度偏低的限制。

(3)水洞苔藓群落物种生活型分为四种,分别是:交织型 26 种,占总数的 47.27%;矮丛集型 19 种,占总数的 34.55%;平铺型 5 种,占总数的 9.09%和高丛集型 5 种,占总数的 9.09%。交织型、高丛集型和平铺型所占比重较大,这与该白云岩洞穴有暗河流出,湿度较大有关;矮丛集型所占比重较小,主要分布在洞壁上,且集中在洞口 10~35 m 处,这是因为洞壁凹凸不平,凸出的部位干燥且接受光照要多于洞底部。

(4)根据样地和 3 个环境因子(温度、湿度和光照)的关系来看,光照是影响苔藓群落生态分布的重要因素。洞口到洞深 37 m 处,受光照减弱影响,苔藓物种数量由 21 种急剧下降到 1 种,37 m 之后到达了苔藓光合作用补偿点,洞穴深处没有苔藓植物生长;苔藓群落物种组成数量也由洞口的多物种群落变化为洞内的单一物种群落。

致 谢:感谢王晓静和赖文婷在采集标本方面给予的帮助!

参考文献

- [1] 张朝晖,彭涛,李晓娜,等. 中国昆明地区岩溶洞穴洞口带苔藓植物研究[J]. 中国岩溶,2004,23(3):229-233.
- [2] 张朝晖. 茂兰喀斯特洞穴群苔藓群落[J]. CHENIA,1993,1:51-56.
- [3] 王福星,曹建华,黄俊发. 洞穴弱光带的生物岩溶[J]. 中国岩溶,1998,17(1):4-8.
- [4] Chapman P. Caves and cave Life[M]. London: Harper Collins Publishers,1993.
- [5] Cullingford C H D. An introduction to speleology [M]. London: Routledge and Kegan Paul Ltd,1953.
- [6] Ford T D, Cullingford C H D. The Science of Speleology[M]. London: Academic Press,1976.

- [7] 张朝晖, 艾伦·培特客斯. 法国阿尔卑斯-罗讷(Rhne-Alps)岩溶洞穴弱光带苔藓植物群落研究[J]. 中国岩溶, 2001, 20(3): 236-240.
- [8] Thatcher E P. Observations on bryophytes living in an artificially illuminated limestone cave[J]. American midland naturalist, 1947, 37(3): 797-800.
- [9] 张朝晖, 王智慧, 祝安. 黄果树喀斯特洞穴群苔藓植物岩溶的初步研究[J]. 中国岩溶, 1996, 15(3): 224-232.
- [10] 张朝晖, 艾伦·培特客斯. 英格兰洞穴苔藓植物区系及其岩溶沉积研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(2): 359-367.
- [11] 张朝晖, 钟本固, 王智慧, 等. 黄果树喀斯特洞穴群苔藓植物群落[J]. 贵州科学, 1996, 14(1): 37-46.
- [12] 张朝晖, 陈家宽. 黔中瀑布水生苔藓植物区系及其生物喀斯特沉积生态类型研究[J]. 中国岩溶, 2007, 26(2): 170-177.
- [13] 卞跃跃. “中国溶洞第一长”——双河洞[J]. 地球, 2013, 210(10): 86-87.
- [14] 吴克华, 李坡, 贺卫, 等. 贵州双河洞国家地质公园洞穴冲积物的粒度组成及环境意义: 以山王洞为例[J]. 地球与环境, 2014, 42(2): 138-144.
- [15] 李坡, Jean-Francois Fabriol. 走进黑暗世界: 探访绥阳双河溶洞[J]. 知识就是力量, 2015(3): 38-41.
- [16] 陈邦杰. 中国苔藓植物生态群落和地理分布初步报告[J]. 植物分类学报, 1958, 7(4): 270-293.
- [17] Iwatsuki Z. The epiphytic bryophyte communities in Japan [J]. J. Hattori Bot. Lab. 1960, 22: 161-339.
- [18] 张朝晖, 陈家宽, 艾伦·培特客斯. 英格兰喀斯特瀑布苔藓植物水生群落生态研究[J]. 水生生物学报, 2008, 32(1): 134-140.
- [19] Magdefrau K. Life-forms of Bryophytes[M]//Bryophyte Ecology. Springer Netherlands, 1982, 45-58.
- [20] 张天汉, 王智慧, 张朝晖. 贵州思雅河河谷地区喀斯特峰丛石漠苔藓植物群落研究[J]. 西北植物学报, 2013, 33(10): 2104-2112.
- [21] Zhang Z H. A study on the bryophytes at Flying-Dragon cave of Guizhou[J]. CHENIA, 2002, 7: 91-94.
- [22] Wang Z H, Zhang Z H. Notes on the bryophytes of the karst caves in Guangxi Province[J]. CHENIA, 2002, 7: 95-99.
- [23] 王尚彦, 况顺达, 戴传固, 等. 白云岩和石灰岩山区石漠化速度差异原因分析[J]. 贵州地质, 2009, 26(1): 49-51.
- [24] 李晓娜, 张朝晖. 云南省罗平县三条喀斯特河谷苔藓植物生态特征研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版) 2010, 28(4): 134-139.
- [25] 彭涛, 张朝晖. 贵州香纸沟喀斯特区域苔藓植物多样性研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2010, 28(4): 149-155.
- [26] 赵传海. 马岭河峡谷苔藓植物区系、生态及其生物钙华沉积研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2006.

Study on community characteristics of bryophytes in dolomite cave twilight zones: An example of the Shuidong Cave in Suiyang county, Guizhou Province

GUO Yun¹, WANG Zhihui², ZHANG Zhaohui¹

(1. Key Laboratory for Information System of Mountainous Area and Protection of Ecological Environment of Guizhou Province, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;

2. School of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract Dolomite caves are one of unique habitats in karst mountainous areas, where some special bryophyte communities live in dolomite cave twilight zones. A study of species composition, ecological types and distribution of bryophyte communities was conducted in the Shuidong Cave at Suiyang county, Guizhou Province, China. From April to September in 2015, sixty bryophyte samples were collected in this cave, and 47 typical bryophyte communities were recorded. Research shows that species composition in this cave is extremely rich. The cave flora is made up of 55 taxa in 34 genera of 17 families, representing the largest species diversity of bryophytes in known in China so far. The life-forms of bryophytes are simple in the cave, only four types, which are Wefts(47.27%), Short turfs (34.55%), Mats (9.09%) and Tall turfs(9.09%). According to the growth substrates, the bryophyte communities could be divided into four ecological types, which are bryophyte communities on calcareous soil, bryophyte communities on the dolomite, bryophyte communities on travertine and aquatic bryophyte communities. Travertine deposition associated with bryophyte communities is weak. From 0 m to 37 m within the cave entrance, with the increasingly weak of light, the distribution of bryophyte communities exhibits regular changes. For example, the number of bryophyte species has a sharp decline from 21 to 1 and species composition of bryophyte communities changes from multi-species communities to single-species communities.

Key words dolomite, cave, bryophyte community, life-forms, light, ecological distribution

(编辑 吴华英)