

文章编号:1001-4810(2005)04-0326-05

# 桂林市芦笛岩、大岩洞穴空气负离子浓度分布研究<sup>①</sup>

邓亚东, 陈伟海, 朱德浩

(中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004)

**摘要:**对桂林市芦笛岩和大岩进行洞穴空气负离子浓度分布研究结果表明:(1)除疗养地、瀑布等个别区域外,洞内空气负离子浓度普遍较洞外的高,可高出几倍至十几倍;(2)近洞口段洞道空气负离子浓度由外向里可增加1.6至5.6倍,达到某点后趋于平稳;(3)人类活动对洞中空气负离子浓度影响显著;(4)洞穴空气中的负离子浓度与湿度呈正相关;(5)在所测的八个月里,即2003年9月至2004年4月,洞穴空气负离子浓度在12月和1月较低。

**关键词:**桂林市;洞穴环境;空气负离子浓度;湿度

**中图分类号:**X831 **文献标识码:**A

## 0 引言

空气负离子被誉为空气维生素、生长素和长寿素,它在医疗保健方面的作用随着生态旅游的兴起而日益受到重视。国内外研究表明<sup>[1~6]</sup>,空气负离子有改善肺器官功能、清洁呼吸系统绒毛;降低血脂、增强免疫系统功能,对呼吸道、支气管疾病、慢性鼻炎、鼻窦炎、偏头痛、慢性皮肤病等具有显著辅助治疗作用。此外空气负离子还有降尘、杀菌、除臭、净化空气的作用,于人体健康,周边环境十分有益。许多国家已将空气负离子含量值列为空气清洁的评价指标。

洞穴是一种重要的自然资源和特殊的自然环境,其独特的环境使得某些洞穴含有很高的空气负离子。目前,世界上已有许多国家利用这类高负离子浓度的洞穴作为疗养、休闲保健场所,如俄罗斯、乌克兰、匈牙利、捷克、斯洛伐克、斯洛文尼亚、罗马尼亚、德国等,1994年,我国开发了首家医疗洞穴——柳州响水岩洞。

目前,国内关于空气负离子的研究主要集中在居住区、城区、森林绿地等。而关于洞穴空气负离子的研究很少<sup>[7,8]</sup>。专门针对洞穴空气负离子浓度分布的研究则未见报道。为此,笔者对桂林市芦笛岩、大岩洞穴空气负离子浓度分布进行了初步研究。为更好地利用洞穴空气负离子资源,兹将研究结果整理于后,以供

同行参考。

## 1 研究区概况

芦笛岩和大岩均发育于桂林市光明山。光明山是桂林峰林平原上一个较大的峰簇,面积0.92km<sup>2</sup>。峰顶标高404.4m,平原地面标高151m。出露地层为上泥盆统融县组上部亮晶砂屑灰岩、残余微晶砂屑灰岩和泥晶灰岩,质纯层厚,岩溶发育强烈。芦笛岩洞穴位于山体南侧,洞口海拔标高176m。该洞穴为一厅堂式洞穴(图1a),东西长240m,南北宽50~90m,洞高10~18m,洞穴次生沉积物非常丰富,于1962年建立公园对外开放,受人为活动影响较大。大岩位于光明山体的中部,洞口海拔标高208m,该洞洞道长975m,宽一般15~20m,高5~30m,中部分岔,使洞道呈双层状(图1b),末端已被堵塞,受人为活动影响较小<sup>[9,10]</sup>。

## 2 研究方法

在各个洞穴选择具有代表性的观测点,采用美国产的小型负离子浓度测定仪(Air Iocounter)、德国产的湿度计进行数据测定。测定时仪器距地面1m,待测定仪器显示数值稳定后读取中间值。每月进行6次观测取值。

<sup>①</sup> 第一作者邓亚东(1980—),男,毕业于贵州师范大学地理系,主要从事洞穴研究工作。

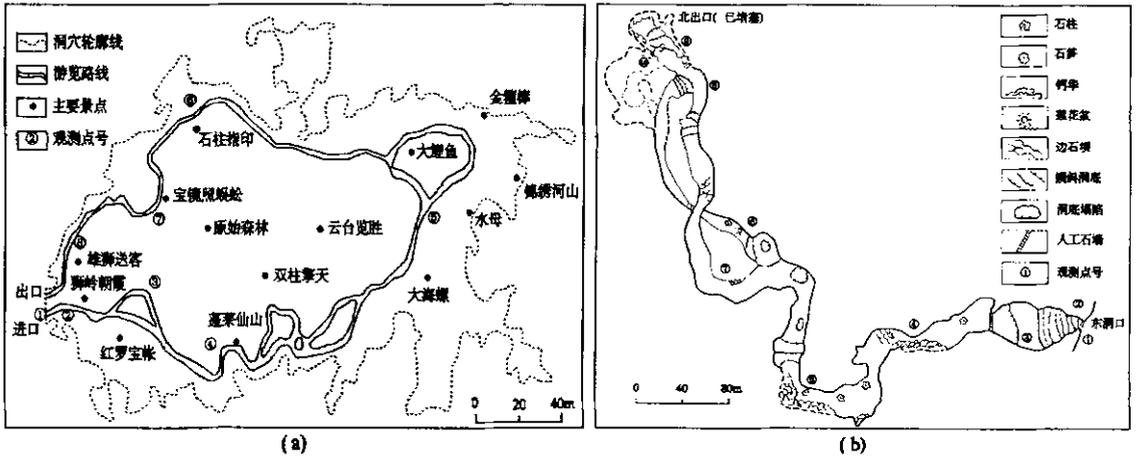


图1 桂林芦笛岩(a)、大岩(b)平面图及观测点布设图

Fig.1 Plane map of the Reed Flute cave(a) and the Great cave(b) and location of monitoring spots

### 3 结果与分析

2003年9月1日~2004年4月30日我们对芦笛岩和大岩进行了8个月的长期观测。布设测点时,根

据洞道状况,在进洞口内外、支洞、上层洞各布设测点一个,其余各点则均匀布设在主洞道上。其中芦笛岩布设8个测点,大岩10个测点。测量结果见表1。

表1 桂林市芦笛岩与大岩的负离子测定结果 (个/cm<sup>3</sup>)

Tab.1 Aero-anion concentration at the Reed Flute cave and the Great cave in Guilin

测点号	2003年				2004年				均值	
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月		
芦笛岩	1	263	247	345	425	433	420	615	465	402
	2	550	1518	1426	540	570	807	930	4250	1324
	3	1393	1185	1400	473	493	723	1110	2250	1128
	4	3057	2050	900	668	666	1127	1225	2525	1527
	5	2233	2783	1475	1915	2233	1400	1790	3250	2135
	6	983	1307	1400	550	577	887	860	2850	1177
	7	637	535	625	495	677	715	1210	1550	806
	8	680	600	1000	513	240	803	845	1375	757
大岩	1	3044	855	735	450	335	810	430	470	891
	2	4793	2250	3800	1343	3000	425	1080	675	2171
	3	5400	5000	3850	3240	1925	975	2340	4450	3398
	4	12135	9035	7500	4160	6200	4800	5080	3500	6551
	5	14240	11525	11100	12050	10600	4250	5100	9275	9768
	6	12120	10225	10050	8260	9990	6720	8300	13350	9877
	7	13240	10912	10600	11600	10500	11200	13500	15500	12132
	8	11625	11725	14500	13000	11500	9855	13600	13350	12394
	9	12040	6700	8940	8890	9200	11750	14700	16000	11028
	10	13405	10305	15600	10330	9500	10510	8380	13600	11454

由上述结果可以看出,洞穴空气负离子浓度分布具有如下几个特点:

3.1 洞内明显高于洞外  
空气负离子浓度受自然地理,气候,人类活动等

多方面影响,因此不同的环境条件下空气负离子的浓度分布不同(表2)<sup>[11]</sup>。

表2 不同环境场所的空气负离子含量

Tab. 2 Aero-anion contents in different environmental sites

环境状况	负离子数(个/cm <sup>3</sup> )
城市居民房间	40~100
机关办公室	100~150
街道绿化地带	100~200
城市公园	400~600
旷野、郊区	700~1000
海滨、森林	1000~3000
疗养地区	1000
瀑布	>5000

(据李明志等,1988)

洞穴环境是一种不同于表2所列地表环境的小环境。其主要特点为:黑暗无光、空气流动差、温度稳

定、湿度较高、空气清洁、生物量少,故负离子浓度亦有所差别。从大岩、芦笛岩测量结果看,大岩负离子浓度平均值为8753个/cm<sup>3</sup>,这较城市居民房间、机关办公室高出近100倍,较海滨、森林高出3~8倍。芦笛岩虽然受游人活动影响,但负离子浓度平均值仍高达1157个/cm<sup>3</sup>,仍在海滨、森林这类娱乐休闲地范围内;而柳州响水岩洞主要厅室空气负离子浓度平均值则高达4350个/cm<sup>3</sup>。可见,除疗养地、瀑布等个别区域外,洞内负离子浓度普遍较洞外高。这主要是在城市、工矿区,负离子被粉尘、烟雾吸附,负离子浓度急剧降低;相反,旷野、郊区、海滨、森林等地空气中含的粉尘、烟雾少,空气清洁,负离子相应较高;但与洞穴相比,旷野、郊区、海滨、森林等地人类活动频繁,湿度、空气清洁程度都较洞穴低,所以负离子浓度相应较洞穴的低。

### 3.2 受洞道深度影响

将大岩和芦笛岩空气负离子浓度按点号绘制成负离子浓度洞深变化曲线(图2)。

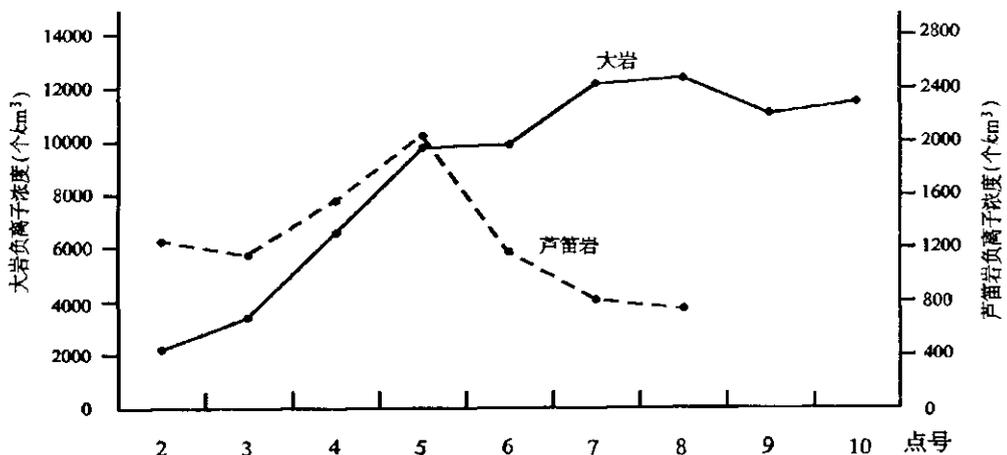


图2 空气负离子随洞深变化曲线

Fig. 2 Change of aero-anion concentration along cave path

从图2可见:芦笛岩负离子浓度变化从第二点的1324个/cm<sup>3</sup>至洞内第五点的2135个/cm<sup>3</sup>(洞内最末端),增长1.6倍。大岩的负离子浓度随深度变化更明显,从第二点的2171个/cm<sup>3</sup>到第七点的12132个/cm<sup>3</sup>,增长5.6倍。而从第七点到第十点则缓慢变化,变幅很小。可见,洞中空气负离子浓度从洞口至洞内一定深度明显增加,尔后变化幅度基本趋于平稳。这主要是洞外空气与近洞口空气常常相互交换,进入洞中的空气负离子浓度较洞内低,入洞后即对洞中的负离子浓度进行稀释,降低了洞内负离子浓度;与此同时进入洞中的空气含有的粉尘对洞中的负离子进行吸附,减少了负离子的含量。因此,随着洞穴深度增加

空气交换量逐渐减少,负离子浓度则逐渐增加,当空气交换量接近零时,负离子浓度不再受外界影响,主要受测点所在位置的环境状况影响,在没有特殊情况如瀑布的影响下,负离子浓度变幅将减小,基本趋于平稳。

### 3.3 受人类活动影响

大岩是一个洞穴环境系统基本未受到人为干扰的天然系统,而芦笛岩则是常年对公众开放的游览洞穴,全年接待游人总量在100万人次,受人类活动影响大。从测量结果看,大岩负离子浓度平均达到7966个/cm<sup>3</sup>,而芦笛岩平均为1157个/cm<sup>3</sup>,相差近7倍,足见洞穴空气负离子浓度受人类活动影响极其明显。

这主要是因为游人从洞外进入洞内时, 身上所携带的尘埃与洞中空气负离子结合成粒径较大、迁移率低的(重)粒子沉降到地面, 减少了负离子数量<sup>[12]</sup>。

### 3.4 受湿度影响

为探讨湿度对洞穴空气负离子浓度的影响, 在对大岩观测的时, 我们对洞内的湿度也进行了观测, 观测结果如表 3。现将表 1 和表 3 大岩 2~10 测点 8 个月的空气负离子浓度和湿度的月平均数据用 spss 软件

进行统计学处理, 得出负离子浓度与湿度相互之间的相关系数  $R=0.886$ , 显著性水平在 0.01 以下, 说明空气负离子浓度与相对湿度呈显著的正相关, 即负离子浓度随湿度的升高而增加, 随湿度的降低而减少。这主要是随着洞穴空气湿度增加, 洞中的尘埃与水分子结合几率增大, 大量尘埃得以与水分子结合成水滴降落地面; 尘埃的减少延长了负离子寿命, 负离子浓度相应得以增加。

表 3 桂林市大岩相对湿度(%)测定结果

Tab 3. The relative humidity in the Great cave in Guilin

测点号	2003 年				2004 年				均值
	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	
1	74.5	49.7	49.7	76.8	42.2	70.4	76.4	76.8	64.6
2	65.2	70.4	72.5	73.6	51.3	67.9	80.0	76.5	69.7
3	87.9	74.8	83.9	87.8	63.1	81.8	81.6	71.2	79.0
4	78.3	77.0	79.0	95.2	91.0	92.9	83.2	76.1	84.1
5	75.9	77.9	85.2	91.1	81.6	91.4	86.7	80.5	83.8
6	81.4	90.5	90.5	93.0	92.9	93.3	92.8	87.7	90.3
7	82.7	84.0	81.0	91.0	88.5	96.3	92.0	83.7	87.4
8	83.2	84.1	83.2	91.6	84.0	95.9	92.0	85.5	87.4
9	85.7	83.1	83.1	93.0	86.3	96.0	93.3	87.7	88.5
10	85.3	86.4	86.7	91.8	90.3	95.4	91.9	88.3	89.5

### 3.5 受季节影响

把大岩和芦笛岩受外界影响大的测点 1、2 筛除

后将其余每测点负离子数据平均, 绘制成负离子浓度月变化曲线(图 3)。图 3 表明:

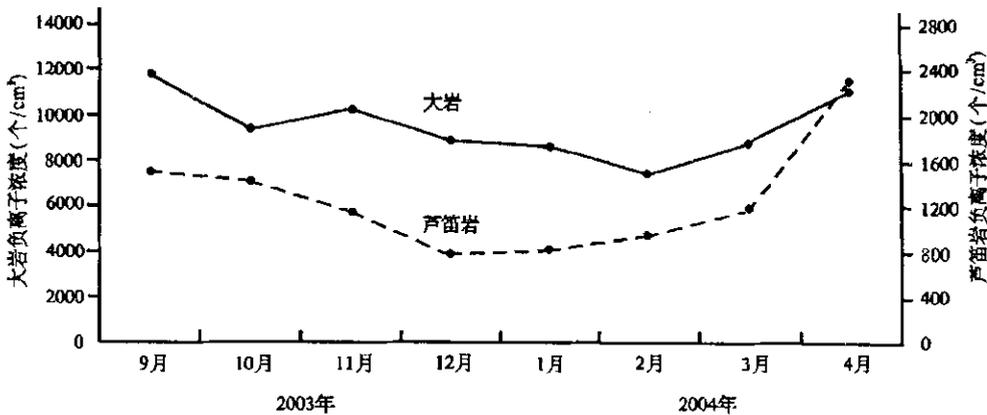


图 3 空气负离子时间变化曲线

Fig. 3 Change of aero-anion concentration with time

大岩负离子浓度在 12 月为 8941 个/cm<sup>3</sup>, 1 月为 8677 个/cm<sup>3</sup>, 在 9 月为 11776 个/cm<sup>3</sup>, 4 月为 11128 个/cm<sup>3</sup>。9 月和 4 月是 12 月和 1 月的 1.3 倍。芦笛岩更

为显著, 12 月达到了最低值 769 个/cm<sup>3</sup>, 1 月略高为 814 个/cm<sup>3</sup>, 9 月为 1497 个/cm<sup>3</sup>, 4 月为 2300 个/cm<sup>3</sup>, 9 月和 4 月是 12 月和 1 月的 2.4 倍。这主要是 9 月和

4月洞内水量较大,洞顶滴水、洞壁流水、洞底流水在跌落、喷射、喷溅和冲击时,水滴高速运动致水分子断裂,水分子断裂后带正电荷,周围空气带负电荷;加之水的喷溅带走了空气中的尘埃,对空气起到清洁作用,在清洁空气中负离子不断积累,从而使空气中的负离子浓度不断增加,这就是Lenard效应(又称喷筒效应)<sup>[13]</sup>。由于12月、1月洞内仅有少量的洞顶滴水,因此,负离子浓度相应较小(由于缺少5~8月资料,有待进一步研究)。

#### 4 结 论

(1)除疗养地区、瀑布等个别区域外,洞中空气负离子浓度普遍较洞外高,一般高出几倍至十几倍,个别区域高出上百倍,如城市居民房间、机关办公室。

(2)洞穴空气负离子浓度由洞外向洞里成倍增长,达到一定深度后趋于平稳。

(3)洞穴空气负离子浓度受人为活动影响显著,未受人为活动影响的洞穴中的空气负离子浓度是受人为活动影响洞穴的几倍。

(4)洞穴空气负离子浓度随湿度的升高而增加,随湿度的降低而减少。

(5)在所测的8个月里,受洞顶滴水、洞壁流水、洞底流水的影响,洞穴空气负离子浓度在12月和1月较低。

#### 参考文献

- [1] Terman, M., Terman, J. S. Treatment of seasonal affective disorder with a high-output negative ionizer[J]. *J. Altern. Complement. Med.* 1995, 1(1): 87-92.
- [2] Watanabe, I., Noro, H., Ohtsuka, Y. et al. Physical effects of negative air ions in a wet sauna[J]. *Int. J. Biometeorol.* 1997, 40(2): 107-112.
- [3] Morton, L. L., Kershner, J. R. Differential negative air ion effects on learning disabled and normal-achieving children [J]. *Int. J. Biometeorol.* 1990, 34(1): 35-41.
- [4] 宗美娟,等. 大气环境中的负离子与人类健康[J]. *山东林业科技*, 2004, (2): 32-34.
- [5] 邵海棠, 贺庆棠. 森林与空气负离子[J]. *世界林业研究*, 2000, 13(5): 19-23.
- [6] 阳柏苏,等. 城郊绿地系统结构与负离子发生的生态分析[J]. *怀化学院学报*, 2003, 22(5): 64-67.
- [7] 汪训一,等. 柳州响水岩医疗可行性探讨[C]. 地震出版社, 1994, 17(3): 269-277.
- [8] 朱其光, 朱德浩, 陈华奇. 洞穴医疗及柳州响水岩洞穴医疗研究[J]. *中国岩溶*, 1998, 17(3): 269-277.
- [9] 朱学稳,等. 桂林岩溶地貌与洞穴[M]. 地质出版社, 1988.
- [10] 陈伟海,等. 桂林市芦笛岩、大岩洞穴环境特征[J]. *中国岩溶*, 2004, 23(6): 113-119.
- [11] 李志明, 李安伯. 大自然中的空气离子, 大自然探索[J]. 1988, 7(26): 39-45.
- [12] 林中宁. 空气负离子在卫生保健中的作用[J]. *生态科学*, 1999, 18(2): 87-90.
- [13] 吴楚材,等. 森林游憩区空气负离子水平的研究[J]. *林业科学*, 2001, 37(5): 75-78.

## STUDY ON THE DISTRIBUTION OF AERO-ANION CONCENTRATION IN THE REED FLUTE CAVE AND THE GREAT CAVE IN GUILIN

DENG Ya-dong, CHEN Wei-hai, ZHU De-hao  
(Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin, Guangxi 541004, China)

**Abstract:** The study on the distribution of aero-anion concentration in the reed flute cave and the great cave shows: (1) Except for few regions such as sanatorium or waterfall, the aero-anion concentration in caves is higher than that outside of the caves generally, which can be one hundred times higher. (2) The aero-anion concentration increases from the outside to the inside of the cave, and after reaching a certain value it tends to be stable. (3) Human activities affect the aero-anion concentration inside the cave remarkably. (4) The aero-anion concentration and the relative humidity inside the cave show positive relationship significantly. (5) The aero-anion concentration in caves is lower in December and January during the monitoring period of 8 months from September, 2003 to April, 2004.

**Key words:** Guilin city; Cave environment; Aero-anion concentration; Humidity