

# 旅游活动对鼎湖山生物圈保护区生态环境质量影响的研究<sup>①</sup>

张德强 余清发 孔国辉 张佑昌

(中科院华南植物研究所, 广州 510650)

**摘要** 本文测定了鼎湖山生物圈保护区的旅游开放区和核心区的大气硫酸盐化速率及悬浮颗粒铅含量, 溪流水质 COD、BOD<sub>5</sub> 含量及细菌总数和大肠菌群数, 植物、土壤的硫和重金属含量, 结果表明: 旅游区大气硫酸盐化速率( $\text{SO}_3 \cdot \text{mg} \cdot 100\text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ )旺季为 0.204, 淡季为 0.175, 核心区则检不出; 水质的 COD、BOD<sub>5</sub>、细菌总数和大肠菌群数, 旅游中心区分别是核心区的 1.7、2.4、4.2 和 15 倍, 而且有季节性变化; 旅游区植物叶片含硫量是保护区的 1.5 倍, 树皮的含硫量是核心区的 4.4 倍(马尾松)和 1.4 倍(荷木); 植物重金属含量比核心区高 20%~200%。

**关键词** 旅游活动, 鼎湖山自然保护区, 生态环境, 影响。

鼎湖山生物圈保护区位于北回归线附近(N23°10', E112°32'), 东距广州市 86km, 西离肇庆 18km, 面积约 1155hm<sup>2</sup>, 属季风亚热带南缘。由于地理位置特殊, 摆脱了回归沙漠带的影响, 使得该地区终年高温多雨, 年平均气温 21℃, 年均降雨量约 1929mm, 降雨季节集中在 4~9 月, 11 月~次年 1 月为旱季, 年平均相对湿度 80%, 明显有别于同纬度地区的沙漠、半沙漠地区, 形成自己独特的景观类型<sup>[1, 2]</sup>。区内有地带性的顶级森林群落——季风常绿阔叶林(400a), 还有不同演替阶段的其它类型森林十几种, 终年常绿。区内有高等野生植物 1845 种, 兽类 38 种, 昆虫 799 种, 鸟类 178 种, 菌类 599 种<sup>[3]</sup>, 物种多样性十分丰富, 具很高的科研价值, 被誉为“活的自然博物馆”、“北回归沙漠带的绿洲”, 于 1956 年被国家批准成为中国第一个自然保护区, 并于 1979 年被联合国教科文组织纳入“人与生物圈”计划。

鼎湖山生物圈保护区不仅是重要的科研基地, 还是具有丰富旅游资源的风景区。据统计, 每年到保护区旅游的人数达 70 万人次。随着旅游业的发展, 游客人数的增加, 旅游服务设施的增加, 无疑, 对保护区的生态环境及其物种多样性是一种潜在的威胁。如何使保护区的自然资源得到永续利用, 维持保护区的生态平衡, 已越来越引起保护区、政府和旅游等管理部门的重视。开展旅游活动对保护区生态环境影响的研究, 旨在为有关决策部门制定合理的管理和经营保护区自然资源的计划提供科学依据。

## 1 研究方法

鼎湖山生物圈保护区的部分缓冲区划为旅游区采样地点分布于旅游区及核心区内。鼎湖山两大水系——天溪和云溪贯穿旅游区和核心区, 并于保护区入口处汇合后流入西江。两区的土壤均为赤红壤, 也有相同的植被类型, 这为研究提供了极好的可比条件。样品的监测和采集均按可比性原则进行。样点的分布及说明见图 1 和表 1。

① 本项研究获中国科学院广州分院、广东省科学院台站基金资助。

表 1 各采样点环境简介

Table 1 Summarized account of sampling sites

样号	地点	环境简介
W <sub>1-6</sub>	天湖上游	甚少人到达,干扰小
W <sub>1-5</sub>	草塘上游	受上游(天湖线)影响,但干扰不大,属过渡地段
W <sub>1-4</sub>	半山亭	庆云寺生活污水流经处,影响直接
W <sub>1-3</sub>	鼎湖车站	旅游区生活污水流经处,游客多,影响直接
W <sub>1-2</sub>	鼎湖山牌坊	旅游区下游,受上游干扰大,影响直接
W <sub>2-5</sub>	跃龙庵后侧	云溪上游,甚少人到达,干扰小
W <sub>2-4</sub>	仙其石	云溪中上游,属半开放区,游客不多,干扰不大
W <sub>2-3</sub>	疗养院汲水处	云溪中下游,属半开放区,游客不多,干扰不大
W <sub>2-2</sub>	疗养院	云溪下游,受上游及疗养院生活污水影响,干扰大
W <sub>1</sub>	售票处	天溪云溪水流汇合处,受上游干扰大,影响直接
G <sub>1</sub> (S <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> )	鼎湖车站	靠近旅行社和停车场,受干扰大,影响直接
G <sub>2</sub>	庆云寺后山	受寺庙香火烟气影响最大
G <sub>3</sub>	树木园路边	受汽车尾气影响较大
G <sub>4</sub>	白云护林站	清洁区对照点,干扰小
S <sub>1</sub> ·P <sub>1</sub>	旅行社	受旅行社服务设施燃料烟气影响较大
S <sub>3</sub> ·P <sub>3</sub>	响水潭附近	旅游区,游客多,有一定干扰
S <sub>4</sub> ·P <sub>4</sub>	白云寺外	游客很少,影响不大

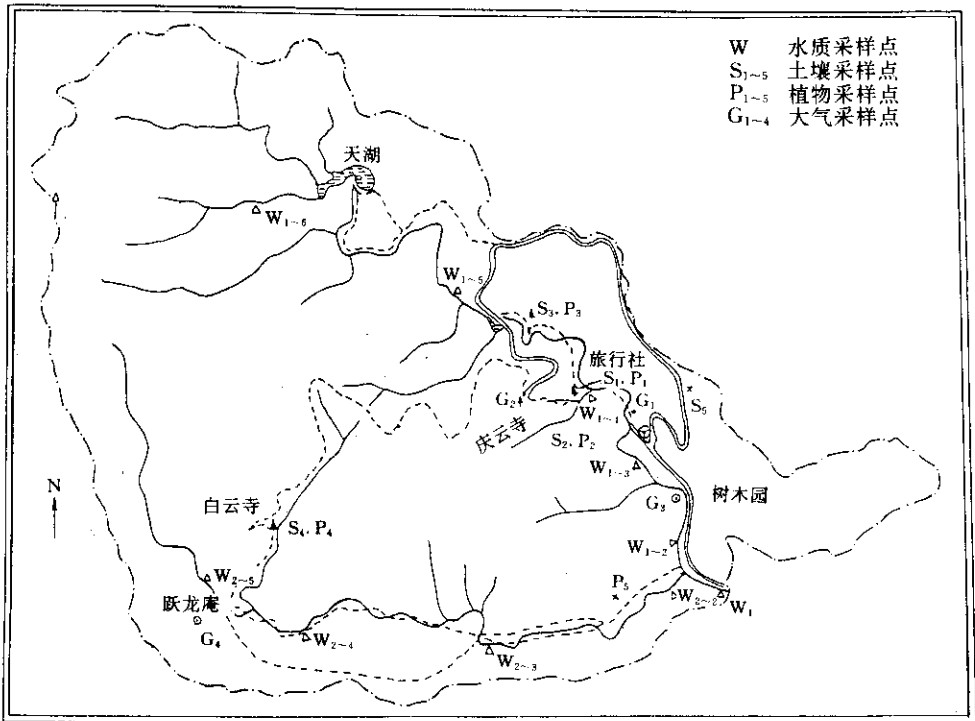


图 1 采样点分布示意图

Fig. 1 Distribution of sampling sites

## 1.1 大气

在旅游区和非旅游区设 1~2 个采样点,分别在旅游旺季和淡季同步测定两区的大气硫酸盐化速率和大气悬浮颗粒铅含量。硫酸盐化速率,碱片法放置 20 天后取样,硫酸钡比浊测定;悬浮颗粒铅含量,采样三天,每天采样四次,每次采样 0.5h,原子吸收光谱测定<sup>[5]</sup>。

## 1.2 水质

在两条溪流(天溪和云溪)充分汇合后设一取样点,然后分别沿两溪而上,在相同的海拔高度设 1~5 个点(图 1)。逢双月下旬采样,样品在冰镇条件下带回实验室,监测期一年。测定项目及方法:溶解氧(DO),碘量法现场固定;pH 值,电极法;生物耗氧量(BOD<sub>5</sub>),碘量法;细菌总数(B. N.),平板法;大肠杆菌(C. B.),发孝法;化学耗氧量(COD),酸性高锰酸钾法<sup>[5]</sup>。所有项目当天处理和测定完毕。

## 1.3 植物

在旅游区公路沿线和景点附近设若干采样点,分别采集大叶桉(*Eucalyptus robusta* Sm.)、荷木(*Schima superba*)及马尾松(*Pinus massoniana*)的树皮和成熟叶,洗净、风干、磨碎,60℃烘至恒重,分析其重金属和硫含量,并在非旅游区采集相应的植物样品作对照。重金属元素用三酸消煮,原子吸收光谱测定<sup>[6]</sup>,硫含量用燃烧法——硫酸钡比浊测定<sup>[7]</sup>。

## 1.4 土壤

在旅游区公路沿线设若干采样点,采取土壤样品(0~20cm),分析重金属含量,并在非旅游区采取相同类型的土壤样品作对照。分别在两区的主要旅游道路下侧 2m、4m、8m 处采取土壤样品,测定其容重和有机质含量。土壤重金属含量用三酸消煮,原子吸收光谱测定;土壤容重,环刀法测定;有机质含量重铬酸钾法测定<sup>[6]</sup>。

# 2 结果分析

## 2.1 大气环境

表 2 鼎湖山大气硫酸盐化速率和悬浮颗粒铅含量

Table 2 Atmospheric sulphate rate and Pb content in the suspended particles in DHSBR

地点	硫酸盐化速率(SO <sub>3</sub> mg · 100cm <sup>-2</sup> · d <sup>-1</sup> )		悬浮颗粒铅含量(μg · m <sup>3</sup> )	
	旅游旺季	旅游淡季	旅游旺季	旅游淡季
旅游区	0.204	0.175	0.0051	0.0042
保护区	检不出	检不出	0.0034	0.0023

2.1.1 大气硫酸盐化速率及悬浮颗粒铅含量 民用燃料的燃烧和香火等的烟气直接影响到大气 SO<sub>2</sub>(或硫酸盐化速率)浓度,而空气中悬浮颗粒铅含量则与汽车尾气的排放关系密切。从测定结果(表 2)来看,旅游区大气硫酸盐化速率的水平很高,旅游旺季为 0.204,淡季为 0.175。据报导,在电厂和乡镇企业密集的工业区,大气硫酸盐化速率在 0.4~0.7 之间<sup>[8]</sup>,而作为自然保护区的鼎湖山,其大气硫酸盐化速率可达如此水平,说明鼎湖山局部区域的空气污染具有潜在威胁,并且这种潜在威胁在旅游旺季表现得更为突出(表 2)。

鼎湖山空气中悬浮微粒铅含量比较低,这与森林覆盖率较高很有关系,尽管如此,与大气硫酸盐化速率仍有相似的规律,即旅游区比非旅游区高,旅游旺季比旅游淡季高(表 2)。这表明旅游活动对保护区的大气环境已造成影响。

## 2.2 水质状况

2.2.1 上下游水质的变化趋势 两条溪流由于游客活动频度和旅游服务设施的不同,影响各异。从测定结果看,上下游水质各项指标差异明显(图2),而且两条溪流有大致相同的变化趋势,但变化的幅度明显不同。由图可见,由旅游中心区到缓冲区,水质各项指标发生明显的变化,变化幅度也较大,这在天溪表现得尤为突出。如pH值由4.22(W<sub>1,6</sub>号点)升至6.59(W<sub>1,4</sub>号点,旅游中心区),增加了两个数量级;COD、BOD<sub>5</sub>、细菌总数和大肠杆菌也成倍地增加。但在云溪,这种变化比较平缓,尤其是上游的W<sub>2,3</sub>~W<sub>2,5</sub>号点的水质基本一致,只是在下游接近与天溪汇合处的W<sub>2,2</sub>号点,由于受地质疗养院生活污水的影响,水质才出现较大的变化。两条溪流上下游水质不同的变化幅度,体现了两区生态环境的差异,也说明了两区受影响程度的差异。

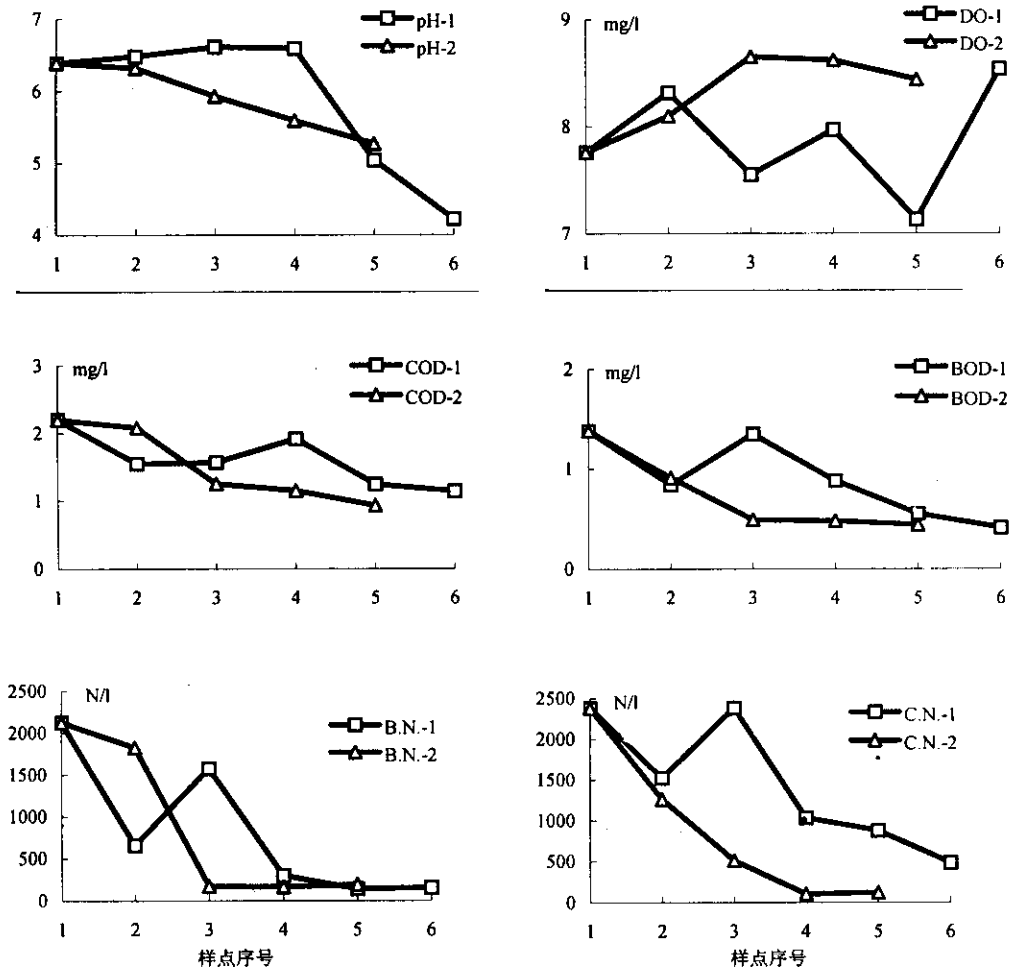


图2 溪流上下游水质的变化趋势

Fig. 2 The changes of water quality at upper and lower reaches of steam

2.2.2 水质的季节性变化 在旅游旺季,游客活动密度大,频度高,旅游服务设施所排放的污染物多,对环境的影响也大,这不仅在大气环境质量的变化中得到体现,在水质的变化中也

得到反映(图3)。以  $W_{1-3}$ 、 $W_{1-4}$  号点和  $W_{2-4}$ 、 $W_{2-5}$  号点的测定值代表旅游区和非旅游区的水质。结果显示,水质的季节性变化大致能得到反映。如属于旅游旺季的10月份,水质的pH值、COD、BOD、C.B.等指标是全年当中最高的(图3),因10月份有国庆节和重阳节,游客人数比其它月份多,而且10月份雨量较少,是自然保护区的枯水期,溪流的水流量小,旅游对环境尤其对溪流水质的影响就更明显。8月份也是旅游旺季,但水质各项测定指标并不高,因8月份是丰水期,溪流的水流量大,对污染物有一定的稀释作用,这在一定程度上也掩盖了旅游活动对水质所造成的影响。

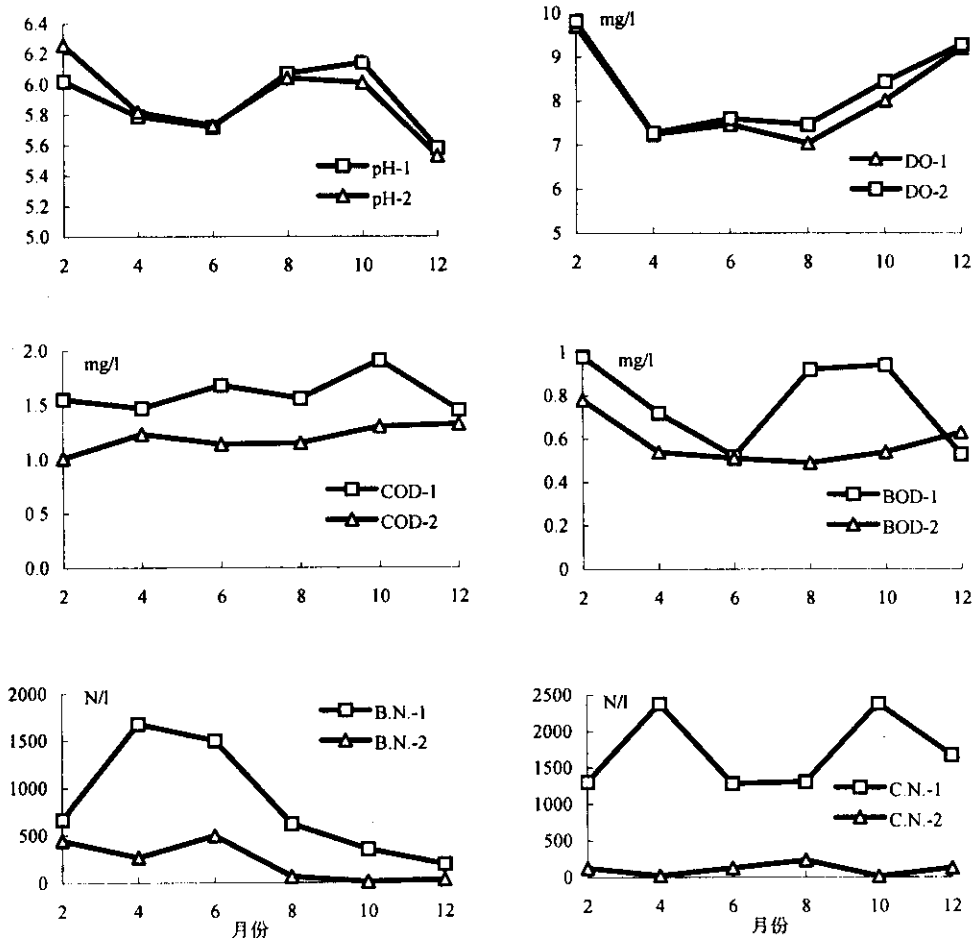


图3 溪流水质的季节性变化

Fig. 3 Seasonal dynamics of water quality in streams

另外,4月份的一些指标(COD、BOD、细菌总数和大肠杆菌数)也比较高(图3)。因4月份是雨季的开始,地表水大量下渗,将枯水期所积累的垃圾冲到沟里,大大提高了水中污染物浓度,而且这时期的气候条件也非常适合微生物的繁殖。

## 2.3 植物中污染物含量

2.3.1 植物的重金属含量 植物生长在污染环境里,对污染物吸收是积累性的。从测定结

果来看(表 3),旅游区和非旅游区一些植物叶片的重金属含量差异很大,尤其是靠近旅游区公路边的植物含量特别高,如马尾松的树皮,由于长期受汽车尾气的影响,其重金属尤其是铅的含量是非旅游区的 2.5 倍,这表明汽车尾气的影响是存在的。

2.3.2 植物的硫含量 以植物中的硫含量与大气中的  $\text{SO}_2$  浓度具有显著的正相关这一原理来评价大气  $\text{SO}_2$  浓度水平,其准确性和可靠性已得到普遍的认可<sup>[8~10]</sup>。从一些植物的叶片及树皮的硫含量分析结果显示(表 3),由于旅游区因汽车尾气、服务设施燃料燃烧的烟气及寺庙香火的烟气等人为活动的影响,植物叶片和树皮的硫含量明显比非旅游区的高,植物叶片硫含量平均比非旅游区高 1.5 倍,树皮的硫含量比非旅游区高 4.4 倍(马尾松)和 1.4 倍(荷木)(表 3),显然,其大气  $\text{SO}_2$  浓度也较高。植物长期生活在污染的环境里,即便外观形态没有出现受害症状,但具有产生不可见伤害的可能,造成生理障碍,生产力下降,并且由于生长发育较弱,抗逆性差,间接地,植物就更易受病虫害的侵袭。

## 2.4 土壤

由于游客践踏和旅游垃圾的关系,旅游线路沿线的土壤理化性状会受到影响。从表 3 的测定结果可以看出,在旅游区,由于经常受游客践踏的影响,靠近游道的土壤容重比远离游道的大;并且由于旅游垃圾的影响也使得靠近游道的土壤有机质含量明显高于远离人行道的土壤,在非旅游区,离游道不同距离的土壤容重变化不大,但有机质含量的变化趋势却与旅游区完全相反(表 4),这可能靠近游道的坡度较大,远离游道的坡度较小而有较多枯枝落叶的积累有关。土壤重金属含量两区差异亦明显,尤其是 Pb 含量,旅游开放区比非开放区高出近一倍(表 5),这与汽车尾气排放的影响有关。

表 3 植物中重金属( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )及硫( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )含量

Table 3 Heavy metals( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) and sulphur( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) contents in plants

树 种	器 官	旅游区 Tour area				保护区			
		Pb	Cu	Zn	S	Pb	Cu	Zn	S
大叶桉	叶	15.83	11.50	28.55	0.93	13.85	11.43	29.31	0.66
		(3.67)	(1.83)	(5.71)	(0.06)	(0.78)	(1.92)	(3.02)	(0.06)
马尾松	叶	19.07	8.41	46.86	1.06	15.95	6.43	38.57	0.65
		(1.67)	(3.83)	(8.71)	(0.07)	(0.39)	(1.82)	(4.55)	(0.03)
	皮	27.32	13.90	22.93	0.66	10.62	3.24	17.58	0.15
		(4.41)	(6.25)	(7.61)	(0.06)	(2.93)	(0.85)	(1.62)	(0.003)
荷木	叶				1.84				1.28
					(0.79)				(0.15)
	皮				0.62				0.45
					(0.02)				(0.01)

注:括号内数据为标准差。

表 4 与路边不同距离的土壤容重和有机质含量

Table 4 Soil bulk density and organic matter content in different sites

项目	旅游区			保护区		
	2 m	4 m	8 m	2 m	4 m	8 m
容重 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.28	1.18	1.12	1.08	1.08	1.10
有机质 %	6.21	4.83	4.87	2.83	3.78	4.80

表 5 土壤重金属元素含量( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )

Table 5 Content of heavy metal elements in the soil

元素	旅游区			保护区		
	含量	标准差	变异系数%	含量	标准差	变异系数%
Pb	12.45	1.92	15.42	7.11	0.43	6.05
Cu	5.51	1.92	34.85	3.80	1.45	38.16
Zn	26.21	5.53	21.10	18.59	7.83	42.12
Cd	痕迹			痕迹		

### 3 结论与建议

#### 3.1 结论

研究结果表明,由旅游活动的影响,鼎湖山生物圈保护区尤其是旅游开放区的大气硫酸盐化速率已接近工业区的水平,旅游区一些植物叶片硫含量(荷木 1.84)已达到工业区的水平,是非旅游区的 1.5 倍,旅游中心区的水质也有超标和恶化的趋势,尤其是与人为活动关系密切的指标更突出。旅游区公路沿线的植物因受汽车尾气的影响,其重金属含量比非旅游高 20%~200%。

#### 3.2 建议

保护区、旅游管理部门和当地政府应充分协商,达成共识,通过科学规划,在不破坏自然景观的前提下合理开发保护区的自然资源,使之持久,永续地为人们所利用。充分利用鼎湖山生物圈保护区丰富的自然景观和人文景观,大力开展生态旅游,使旅游活动对环境的负面影响减至最低。

#### 参 考 文 献

- 1 黄展帆等. 鼎湖山的气候. 热带亚热带森林生态系统研究, 1982, (1): 11~16
- 2 吴厚水等. 鼎湖山自然地理特征及其动态分析. 热带亚热带森林生态系统研究, (1), 1982: 1~10
- 3 魏平. 鼎湖山树木园四十年. 植物杂志, 1997, 1: 5~7
- 4 李文华等. 中国的自然保护区. 北京: 商务印书馆, 1984
- 5 城乡建设环境保护部环境保护局环境监测分析方法编写组. 环境监测分析方法. 城乡建设环境保护部环境保护局, 北京, 1984
- 6 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1984
- 7 郁梦德等. 燃烧法测定植物氟、氯、硫的改进. 植物生理学通讯, 1983(3): 49~58
- 8 张德强等. 两种大气  $\text{SO}_2$  监测浓度换算的研究. 环境科学, 1997(4): 62~64
- 9 Robert Guderian, Air Pollution, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 1977
- 10 郁梦德等. 茂名市大气二氧化硫污染状况的评价. 生态学杂志, 1986(3): 19~23

# The Impacts of Tourism on Ecological Environment in Dinghushan Biosphere Reserve

Zhang Deqiang Yu Qingfa Kong Guohui Zhang Youchang

(South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

**ABSTRACT** Atmospheric sulphate rate, Pb content in the suspended particles, streams water quality (pH, DO, COD, BOD<sub>5</sub>, the number of bacteria and bacilli), the contents of sulphur and Pb, Cu, Zn in plants growing around the tourist area and in the core of the protected area in Dinghushan Biosphere Reserve were studied. Results showed that the atmospheric sulphate rate in the tourist area was 0.204 and 0.175 SO<sub>2</sub> mg · 100cm<sup>-2</sup> · d<sup>-1</sup> at peak seasons and slack seasons, respectively, but it was not detected in the core area. The COD, BOD<sub>5</sub>, number of bacteria and bacilli in stream water in the tourist area were 1.7, 2.4, 4.2 and 15 times of those in the core area. Sulphur content in plant leaves in the tourist area was 1.5 times of that in the core area, 4.4 times for the *Pinus massoniana* bark, and 1.4 times for the *Schima superba* bark. Pb, Cu, Zn contents in plants in the tourist area were 20%~200% higher than those in the core area.

**Key words** Tourism, Dinghushan Biosphere Reserve, Ecological environment, Impact