

# 旅游对峨眉山生态环境的影响及保护对策\*

蒋文学 朱联锡 李 静 邓 文

(四川联合大学环境科学与工程系, 成都 610065)

**摘要** 随着旅游业的发展和游人数目的增加, 峨眉山的生态环境正受到严重损害。大气中  $\text{SO}_2$  浓度局部超标,  $\text{NO}_x$  浓度日益上升, 雨、雾和土壤普遍酸化, 高山区主要风景林冷杉衰亡严重。旅游集散地的危害明显高于其他地区。本文提出坚持保护第一、开发第二的方针; 增加旅游容量, 合理分流游人; 倡导以电代煤, 生活污水、固体废物集中处理; 大力恢复自然植被; 控制景区人口, 强化环保意识等环保对策。

**关键词** 峨眉山, 旅游, 生态环境, 对策。

峨眉山是著名的国家级风景名胜区和佛教圣地。近年来, 随着峨眉山旅游事业的蓬勃发展, 游人逐年增加, 对环境的压力越来越大, 给峨眉山的生态环境带来了较大的影响, 特别是高山区主要风景林冷杉(*Abies fabri*)的日益衰亡, 已越来越明显地呈现在人们面前<sup>[1]</sup>, 如何合理地开发峨眉山的旅游资源同时又有效地保护好峨眉山的生态环境是一个亟待研究和解决的重要课题。

## 1 旅游活动与环境污染

### 1.1 游人状况

1979 年以来, 到峨眉山旅游的人数逐年增加, 1979 年仅 28 万人, 到 1994 年为 140.2 万人, 增长 5 倍多。旅游旺季是 7、8 月, 淡季 11—3 月, 高峰月与低峰月的旅游人数相差近 10 倍。

峨眉山游人分布也不均匀。全山佳绝景 40 个, 位于高山区的金顶片区占 19 个, 因而是游人最为集中的地区。70% 以上的游人都要上金顶游览, 并且时间也较集中, 据 1995-05-07 全天统计, 游人多在 7—12 时上金顶(占 83%), 一般停留 2—3 h 后下山, 15 时后下山人数仅占 7%。

### 1.2 食宿

全山建有宾馆 5 个, 招待所 28 个, 个体旅

饭店 246 个, 共有床位近 2 万张, 从业人员 7000 余人, 其中金顶片区旅饭店 61 个, 床位 2724 张, 金顶、雷洞坪有街区化趋势。目前金顶的能源结构以电为主, 接引殿、雷洞坪则主要用煤。

### 1.3 交通运输

从峨眉山山脚报国寺到接引殿的公路全长 51 km, 设有雷洞坪、万年寺、五显岗 3 个停车场。近年来, 上山车辆逐年递增, 1994 年达 6 万辆, 是 1990 年的 4 倍。车型多为中巴旅游车, 一般都未安尾气净化装置。

### 1.4 环境污染

(1) 废气 主要是各旅饭店的燃煤烟气和旅游汽车尾气。根据统计, 1994 年金顶地区所耗煤 2000 多 t, 经估算<sup>[2]</sup>, 每年有近 200 t  $\text{SO}_2$ 、40 多 t  $\text{CO}$ 、8 t  $\text{NO}_x$ 、10 t  $\text{C}_m\text{H}_m$ 、100 多 t 粉尘和相当数量的  $\text{F}^-$  排入大气中。汽车尾气的主要污染物是  $\text{CO}$  和  $\text{NO}_x$ , 据资料<sup>[3]</sup>估算, 从有冷杉生长的双水井到雷洞坪 6 km 的路段, 1994 年外排  $\text{CO}$  21 t、 $\text{NO}_x$  1.6 t。

(2) 生活污水与固体废物 据资料<sup>[4,5]</sup>估算, 1994 年峨眉山金顶地区全年生活垃圾约有 700 t、粪便 2000 t, 生活污水 35000 t 以上。金

\* 国家“八五”科技攻关项目

收稿日期: 1995-09-25

顶有 3 个垃圾坑,但只是简单堆放,还有大量垃圾被清运至路边林中.生活污水基本上没有处理,直接排入山沟.

2 旅游对峨眉山生态环境的影响

2.1 大气环境

1995-03-30—04-04 和 05-07—05-10 对金顶地区进行了大气环境监测,结果见表 1.  $\text{SO}_2$ : 七里坡和雷洞坪日均浓度超过国家一级标准,金顶和雷洞坪变电站接近一级标准.  $\text{NO}_x$ : 所有测点均没超标,七里坡、雷洞坪浓度最大.

雷洞坪是金顶片区燃煤量最大的地区,同时又有停车场,排放的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  最多,因此大气中  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  含量最高,并且已影响到了邻近地区七里坡、变电站,说明该地燃煤造成的污染和汽车尾气的局部影响不容忽视.

表 1 峨眉山金顶地区大气环境监测结果/ $\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$

| 测 点    | $\text{SO}_2$ |       | $\text{NO}_x$ |       |
|--------|---------------|-------|---------------|-------|
|        | 范围            | 日平均   | 范围            | 日平均   |
| 千佛顶    | 0.010—0.030   | 0.019 | 0.006—0.007   | 0.006 |
| 金 顶    | 0.015—0.060   | 0.041 | 0.006—0.007   | 0.006 |
| 七里坡    | 0.022—0.110   | 0.061 | 0.009—0.010   | 0.009 |
| 雷洞坪    | 0.072—0.200   | 0.103 | 0.009—0.010   | 0.009 |
| 雷洞坪变电站 | 0.015—0.086   | 0.046 | 0.006—0.007   | 0.006 |
| 国家一级标准 | 0.15          | 0.05  | 0.10          | 0.05  |

2.2 降水及雾

1995-03-30—04-04 和 05-07—05-10 对金

顶地区的降水及雾也进行了采样分析,结果列于表 2、3 中.从表中可见,雨水和雾水均已酸化,七里坡、雷洞坪一带尤为突出.阴离子以  $\text{SO}_4^{2-}$  为主,说明酸雨属硫酸型,主要致酸物是  $\text{SO}_2$ .如前所述,雷洞坪、七里坡一带大气中  $\text{SO}_2$  浓度较高,且又是降雨量最大、云雾最多的地区<sup>[6]</sup>,大气中  $\text{SO}_2$  极易氧化成酸<sup>[7]</sup>,这可能是导致该地区降雨和雾的 pH 最低的重要原因.

2.3 土壤环境

峨眉山土壤各层的 pH 列于表 4 中.由表 4 可见,峨眉山土壤普遍酸化,主要表现在 10—15 cm 的土层,说明峨眉山土壤受酸沉降影响大.比较明显的是:游人活动频繁地区 pH 普遍较低,这可能与这些地区大气中  $\text{SO}_2$  浓度高,酸沉降量大有关.

峨眉山土壤中部分元素平均含量列于表 5 中.由表 5 中可见,峨眉山土壤富铝、锰化程度较高.研究表明<sup>[8]</sup>: Al、Mn 等在  $\text{pH} < 4.0$  下将大量活化,对植物根系产生毒害作用,直接影响冷杉对营养物的吸收,从而导致其衰亡.

2.4 冷杉林

(1) 冷杉损害现状 图 1 表示了峨眉山冷杉受害状况分布.旅游集散地金顶、接引殿-七里坡、洗象池均属严重受害区,冷杉死亡率分别为 45%、79%和 29%.雷洞坪槽沟内的冷杉死亡率也高达 82%.

表 2 峨眉山雨水 pH 及离子含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$

| 测点     | $\text{K}^+$ | $\text{Na}^+$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{NO}_3^-$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{F}^-$ | pH   |
|--------|--------------|---------------|------------------|------------------|--------------------|-----------------|---------------|--------------|------|
| 千佛顶    | 0.500        | 0.530         | 0.690            | 1.155            | 4.620              | 0.944           | 0.359         | 0.095        | 4.98 |
| 金 顶    | 0.910        | 0.905         | 5.120            | 0.535            | 17.170             | 2.637           | 1.915         | 0.065        | 4.90 |
| 太子坪    | 0.595        | 1.135         | 2.065            | 0.285            | 18.250             | 2.740           | 1.915         | 0.101        | 4.80 |
| 七里坡    | 0.985        | 0.365         | 3.210            | 0.770            | 20.731             | 3.200           | 1.158         | 0.136        | 4.62 |
| 雷洞坪变电站 | 0.760        | 0.445         | 3.520            | 0.450            | 19.360             | 2.878           | 1.351         | 0.272        | 4.78 |

表 3 峨眉山雾水 pH 及离子含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$

| 测点     | $\text{K}^+$ | $\text{Na}^+$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{NO}_3^-$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{F}^-$ | pH   |
|--------|--------------|---------------|------------------|------------------|--------------------|-----------------|---------------|--------------|------|
| 千佛顶    | 5.700        |               | 13.730           | 2.140            | 40.891             | 3.518           | 7.340         | 0.631        | 4.78 |
| 金 顶    | 5.700        | 5.640         | 13.730           | 2.140            | 38.390             | 3.518           | 7.340         | 0.631        | 4.63 |
| 太子坪    | 21.125       | 0.405         |                  | 1.275            | 25.335             | 3.315           | 2.201         | 0.115        | 4.65 |
| 七里坡    | 15.475       | 4.025         | 7.800            | 3.750            | 131.825            | 5.170           | 39.775        | 0.785        | 4.42 |
| 雷洞坪变电站 | 3.110        | 2.335         | 5.895            | 1.025            | 31.296             | 4.243           | 3.920         | 0.348        | 4.66 |

表 4 峨眉山各层土壤的 pH 值

| 土层(cm) | 千佛顶  | 金顶   | 太子坪  | 七里坡  | 雷洞坪沟坡 | 雷洞坪槽沟 | 雷洞坪变电站 |
|--------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| 10—15  | 4.52 | 3.71 | 4.09 | 3.49 | 4.00  | 3.79  | 3.98   |
| 40—45  | 4.82 | 4.14 | 4.10 | 3.55 | 4.29  | 2.78  | 4.25   |
| 60—65  | 5.02 |      | 4.30 | 3.68 | 4.36  |       | 4.55   |

表 5 峨眉山土壤中部分元素含量<sup>1)</sup>/mg·g<sup>-1</sup>土

| 测 点    | K     | Ca    | Mg   | Al    | Mn    |
|--------|-------|-------|------|-------|-------|
| 千佛顶    | 31.13 | 9.25  | 1.10 | 33.52 | 1.10  |
| 金顶     | 32.91 | 6.74  | 0.77 | 48.72 | 11.54 |
| 太子坪    | 20.63 | 5.79  | 0.59 | 15.88 | 9.96  |
| 七里坡    | 30.66 | 10.75 | 0.91 | 19.27 | 13.82 |
| 雷洞坪沟坡  | 19.14 | 2.80  | 0.60 |       | 6.63  |
| 雷洞坪槽沟  | 26.33 | 8.79  | 0.51 | 17.45 | 17.79 |
| 雷洞坪变电站 | 21.78 | 3.88  | 0.29 | 11.95 | 0.93  |

1) 均为 10—15、40—45、60—65 cm 3 层土样的平均含量

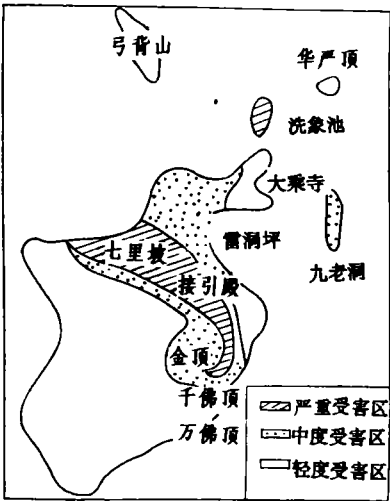


图 1 峨眉山冷杉受害分布图  
(引自峨眉山生物站, 峨眉山冷杉森林  
衰退状况研究报告, 1993)

在不同地点对林内 10 m(一区)和 10—20 m(二区)成片选取 300 棵冷杉树进行调查, 结果见表 6。林边(一区)死亡率明显比林中(二区)高好几倍, 游人活动频繁地区死亡率高于其他地区。金顶游览面积小, 游人又多且集中, 因而冷杉林的损害最为严重。

表 6 金顶地区冷杉分区死亡率/%

| 分 区         | 金顶 | 桫欏坪 | 太子坪 | 接引殿 | 雷洞坪 | 洗象池 |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 一区(0—10 m)  | 71 | 9   | 21  | 15  | 26  | 20  |
| 二区(10—20 m) | 25 | 2   | 5   | 6   | 8   | 10  |

(2) 旅游对峨眉冷杉危害的途径 分为大范围的系统性破坏和局地破坏。① 系统性破坏, 旅游人数的急剧增加, 外排大量未经处理的废气、水和固体污染物, 这些物质进入环境后, 将改变冷杉的生境, 导致大片冷杉衰亡。如燃煤排放的 SO<sub>2</sub>, 不但可以直接危害冷杉生长<sup>[4]</sup>(主要表现在源附近), 而且在金顶地区潮湿多雾的条件下进一步氧化形成酸雨、酸雾, 对冷杉造成更大的危害<sup>[1,4]</sup>; 废水的随沟排放和固体废物的乱排乱堆, 将严重污染土壤环境, 危害冷杉根系。② 局地破坏, 主要由建筑施工、旅游践踏和机械破坏构成。人为践踏主要表现在路边林地, 土壤被踏实, 透气性差, 使浅根性的冷杉呼吸作用受阻, 进而衰亡。机械破坏主要表现为游人采摘树枝、果实, 攀树照像以及在大树、古树上刻字留名。对路边连续 50 棵冷杉的调查表明, 树上有刻痕和刀坑者 28 棵, 占 56%。编号 0099 的冷杉树上有 21×17 cm<sup>2</sup>、23×19 cm<sup>2</sup> 的新旧刻痕, 刻痕深达 5 cm 以上。另一棵冷杉树, 有刻痕和刀痕 12 处, 最深处达 7 cm 以上, 该树已经死亡, 尚有钉子和烟熏痕迹。对新栽冷杉幼苗, 人为拨起、掐掉树尖树枝等现象不时可见, 有的则被当地居民用来晾晒衣服、被面、棉絮等, 破坏较为严重。

3 峨眉山生态环境保护对策初探

(1) 坚持“保持第一, 开发第二”的方针, 完善总体规则, 落实景点保护措施 峨眉山是著名的风景区和佛教圣地, 许多珍贵的旅游资源一旦遭到破坏, 往往不可复得。因此, “保护第一, 开发第二”的指导思想应始终贯彻于峨眉山的开发建设中。1979 年, 峨眉山率先制定了总体规划, 以后又作了补充修改, 但在保护与建设、管理与实施中还有待进一步完善, 对珍贵

景点、名木古树等应设立保护档案,实行专人管理。

(2) 增加旅游景点,扩大旅游容量,合理分流游人,建立景区短期封闭制度 峨眉山名佳景多集中在高山区,尤其是金顶一带,但由于地理面积有限,旅游容量与游人日益增加不相适应,旺季时严重超负荷旅游,对生态环境破坏极大。建议开辟和恢复峨秀湖、飞来殿、三霄洞、白龙江等景点,实行分区计划旅游,调控旅游高峰。目前,峨眉山正建设一条从金顶到万佛顶的旅游小火车,对游人开放千佛顶、万佛顶,应严格管理,否则会形成另一个“金顶”。此外,黄山的景区短期封闭经验值得借鉴<sup>[9]</sup>,建议峨眉山推广。

(3) 倡导以电代煤,改善环境质量 金顶地区尤其是雷洞坪一带大气中  $\text{SO}_2$  污染严重,主要是燃煤造成,改变能源结构,以电代煤,将大大减少污染物排放,改善生态环境质量。

(4) 严格景区建设项目管理,强化治理措施 对于景区内的建设项目,应严格按照峨眉山的总体规划,合理布局,认真执行国家有关建设项目的环境管理规定,坚决执行“三同时”制度。另外,对景区的建筑,注意体现中国传统建筑风格,与自然景观相协调,尽量避免城市化。强化治理措施,定期清运山上垃圾,进行无害化处理。在各个旅游集散地,设立统一的生活污水处理站,集中处理废水。

(5) 大力加强绿化工作,恢复自然景观 峨眉山高山区主要风景林冷杉衰亡严重,应大力加强绿化工作,恢复自然植被。实行“谁受益谁负责”的承包制,景区内各服务行业有责任和义务对周围环境进行绿化,对已荒秃地区,各

受益单位实行承包制,负责栽植以及后期管理,以提高成活率和保存率。

(6) 控制景区居住人口,提高服务人员素质,强化环保意识。峨眉山一级风景区内总人口 31048 人,其中农业人口 23524 人,停耕还林的有 14873 人,景区人口的增长,将严重危害自然环境,破坏旅游资源,应从严控制。峨眉山从业人员多为当地农民,素质较差,往往只注重经济效益,缺乏环保意识,给峨眉山旅游环境造成极大破坏,应有计划地对他们进行短期培训,开展职业道德、保护峨眉山旅游资源的责任和义务教育,使之文明经营,自觉维护峨眉山的旅游环境质量。

(7) 依法治山,加强环境管理,强化环境监督与监测 严格按照国家有关法规和峨眉山景区管理规定,依法治山,加强环境监督,定期开展环境生态监测,准确把握峨眉山生态环境质量变化,为峨眉山的开发建设和环境管理提供科学依据。

致谢 在调查过程中,得到峨眉山管委会的大力支持和帮助,特致衷心感谢。

### 参 考 文 献

- 1 曹洪法等. 酸雨文集. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 409—420
- 2 方品贤等. 环境统计手册. 重庆: 四川科技出版社, 1985: 89, 248, 294
- 3 韩志雄等. 环境科学, 1992, 13(3): 40
- 4 王资荣等. 中国环境科学, 1988, 8(4): 23
- 5 蒋高明等. 环境科学, 1990, 11(1), 35
- 6 钟元熙等. 西南师范学院学报, 1984, (5): 111
- 7 朱联锡等. 四川环境, 1993, 12(2): 17
- 8 田仁生. 环境科学, 1990, 11(6): 41
- 9 潘天声译. 产业与环境, 1993, 15(3—4): 28

their composition and concentration. The experimental results showed that the concentration of volatile organic acids increased after the thermophilic digestion of the mixed substrates and decreased greatly after their further digestion in the second mesophilic digester, which were averagely 3346—5529 mg/L and 43—433 mg/L, respectively. Acetic acid, propionic acid, butyric acid and valeric acid are the main acids in the mixed substrates and in the effluent of thermophilic digester.

**Key words:** thermophilic/mesophilic, anaerobic digestion, organic acids.

**Study on the Effect of Tourism on the Ecological Environment of Mountain Emei and Protective Strategies.**

Jiang Wenju et al. (Dept. of Environ. Sci. and Eng., Sichuan Union Univ., Chendu 610065); *Chin. J. Environ. Sci.*, **17** (3), 1996, pp. 48—51

With development of tourism and increase of visitors, the ecological environment of Mt. Emei has been seriously damaged.  $\text{SO}_2$  concentrations in the atmosphere in some places have exceeded the national standard and  $\text{NO}_x$  concentrations are increasing gradually. The acidization of rain, fog and soil are getting more serious. *Abies fabri*, main scenic forest at high altitudes, have also been on the way to decline. The damaged extent at tourist spots is obviously higher than that in other places. In this paper, the policy of protection prior to development was proposed, with strategies of increasing capacity of tourism, rationally dispersing tourists, advocating electricity in replacement of coal, concentratedly disposing sewage and solid wastes, devoting major efforts to plant vegetation, controlling residential population and emphasizing consciousness of environmental protection.

**Key words:** Mountain Emei, tourism, ecological environment, protective strategy.

**Catalytic Combustion of Pyridine Over Metal Oxides Catalysts.**

Luo Mengfei et al. (Institute of Catalysis, Hangzhou University, Hangzhou 310028); *Chin. J. Environ. Sci.*, **17**(3), 1996, pp. 52—53

The Oxidation activity of pyridine and  $\text{NO}_x$  control in pyridine oxidation over metal oxides catalyst were studied. As the temperature increased, the content of nitrogen oxide generated by pyridine oxidation went through a maximum value.

Oxidation activity of catalysts was found to be in direct proportion to their  $\text{NO}_x$  control ability. Ag-Mn and Ag-Co bi-metal oxides catalysts exhibit higher activity and  $\text{NO}_x$  control ability than the individual composition catalyst. The oxidation mechanism of pyridine was discussed.

**Key words:** pyridine catalytic oxidation, metal oxide catalyst,  $\text{NO}_x$  control.

**The Photolysis Character of HCFC-22 in Presence of Hydrogen Peroxide.**

Zhong Jinxian et al. (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085), Chen Dazhou (Chinese Center for Certified Reference Materials, Beijing 100013); *Chin. J. Environ. Sci.*, **17**(3), 1996, pp. 54—56

Under simulated atmospheric condition, the HCFC-22 +  $\text{H}_2\text{O}_2$  in the presence or absence of oxygen was irradiated by low pressure mercury lamp and the products of photolysis were determined by a Fourier Transform Infrared Spectroscopy with a 20 m long path cell. The products are  $\text{COF}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , HF and HCl for HCFC-22 +  $\text{H}_2\text{O}_2$  system,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , HF and HCl for HCFC-22 +  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$  system. Based on these results, the mechanisms of photolysis were suggested.

**Key words:** photooxidation, HCFC-22,  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

**Study on the Catalytic Removal of Phenols from Aqueous Solution by Immobilized Enzyme.**

Hu Longxing (Dept. of Chem. & Chem. Eng., Shanghai University, Shanghai 200072); *Chin. J. Environ. Sci.*, **17**(3), 1996, pp. 57—60

The removal of phenols from aqueous solution by immobilized enzyme catalytic oxidation was studied. The immobilized enzyme was prepared by containing horseradish peroxidase with calcium alginate gel, and hydrogen peroxide was used as oxidizing agent. For 100 ml phenol or o-aminophenol aqueous solution containing 100 mg/L phenol, under the following appropriate conditions: 3% sodium alginate solution 30 ml, gel particle diameter 1 mm, immobilization time 1 h, containing amount of enzyme 50 u, reaction time 1h, pH 6 and hydrogen peroxide dose 2 mmol, the removal rates of phenol and o-aminophenol exceeded 80% and 70% respectively. There was synergistic effect between various phenols in the treatment of mixed phenol aqueous solution. The treatment result after mixing dif-