

365-370

第19卷第3期  
1999年5月生态学报  
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 19, No. 3  
May, 1999

## 五指山保护区生态环境质量评价研究\*

X 822

孙玉军 王效科<sup>✓</sup> 王如松

X 8171

(中国科学院生态环境研究中心系统生态开放研究室 北京 100080)

**摘要** 五指山自然保护区是当今世界热带雨林保护较为完整的区域,是具有典型热带特征的自然生态系统,通过设置0.06~0.10hm<sup>2</sup>的样方进行调查与线路调查,对该区的土壤、植被、生态系统、物种多样性、动物等主要生态环境因子进行了分析评价,认为该区属区域生态环境脆弱的地带,生态服务功能敏感性强。在此基础上,提出区域的有序开发与环境保护协调发展的基本思路。

**关键词** 热带雨林,区域生态环境,质量评价,五指山自然保护区。

## THE CHARACTERISTICS OF ECO-ENVIRONMENTAL QUALITY IN FIVE-FINGER MOUNTAIN NATURE RESERVE

SUN Yu-Jun WANG Xiao-Ke WANG Ru-Song

(Department of System Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences,  
the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080, China)

**Abstract** There are natural eco-systems with typical tropic characteristics in the Five-Finger Mountain Nature Reserve. In it there are relative complete tropic rain-forests with the sample plots with 0.06~0.10hm<sup>2</sup> and sample line methods, the main eco-environmental factors such as soil, vegetation, eco-systems, species-diversity and animals were analyzed and evaluated. It was proved that eco-environment in the region was weak and eco-service function was very sensitive. Therefore compatible development combining exploration in order with environment protection should be pay attention.

**Key words** tropical rain forests, regional eco-environment, quality evaluation, Five-Finger Mountain Nature Reserve.

五指山自然保护区位于海南岛中部山区,北纬18°45'20"~18°58'54",东经109°39'38"~109°47'50"。面积13435hm<sup>2</sup>,是海南岛面积最大的自然保护区,也是当今世界热带山地原始林区保护较为完整的区域。是热带具有代表性的自然生态系统、自然博物馆,也是一个宝贵的自然资源库。它蕴藏着极其丰富的热带原始森林资源。保护好当地自然资源,进行环境监测与评价,对维护其环境健康,保护和发发展珍贵的生物资源,实现包括自然保护区在内的社区可持续发展,具有十分重要的理论意义和实践意义。

五指山在大地构造上位于西太平洋地壳构造不同发展阶段的大陆边缘区,属澳大利亚稳定陆壳破碎

\* 海南省国土海洋环境资源厅资助项目的部分研究内容,参加外业及部分研究工作的还有安树青、黄世清、吴刚、胡鹏、肖寒、王寿兵、史海涛等同志,特此致谢。

收稿日期:1998-10-30,修改稿收到日期:1999-01-04。

沉陷的南海-印支地台弧悬于南海之中的海南隆起的五指山地体。其地貌分为中山陡坡火山地貌和低山侵入岩体构造地貌两大类型。全年日照时数为全岛最少,只有1700~1900h。年平均气温为全岛最低,山脚下22.4℃,海拔1867.1m的五指山最高峰为11~12℃,相当于暖温带性气候。五指山是世界上同纬度地区中降雨最多、水资源丰富的地区之一。终年高湿,年平均相对湿度在84%~86%,各坡向差别不大。年平均雨量在2000~3000mm之间,各坡向差异也不明显。年中降水量集中在8~10月,这3个月的降水量约占年雨量的50%左右。雨日、雨量、云雾以及湿度均居全岛之首。雾日也是全岛最多的地区之一,年平均雾日多达105d。五指山峰峦连绵,山高坡陡,从山脚到山顶,相对高差达1200m以上。山地气候垂直变化。这些决定了保护区生态环境变化的一系列特征。

### 1 生态系统类型调查评价

保护区森林资源丰富,植物种类繁多,野生植物共有3800多种,隶属233科1900个属,特有种属有十余个,本地的乔灌木有111科,树种达1400多种,集中了海南岛许多植物树种<sup>[1]</sup>。据《海南保护植物名录》记载,五指山自然保护区珍稀濒危植物有:

国家一级保护植物(1种) 阴生桫欏(*Alsophila latebrosa*)。

国家二级保护植物(6种) 野荔枝(*Litchi chinensis* var. *cusponata* Lee)、皱皮油丹(*Alseodaphne rugosa*)、坡垒(*Hopea hainanensis*)、囊瓣木(*Saccopetalum prolificum*)、观光木(*Tsoongiodendron odorum*)、海南粗榧(*Cephalotaxus mannii*)。

国家三级保护植物(10种) 海南翠柏(*Calocedrus hainanensis*)、海南罗汉松(*Podocarpus annamensis*)、海南石栎(*Gmelina hainanensis*)、乐东拟单性木兰(*Parakmeria lotungensis*)、龙眼(*Dimocarpus longus*)、陆均松(*Dacrydium pierrei*)、降香黄檀(*Dalbergia hainanensis*)、青皮(*Vatica mangachapoi*)、土沉香(*Aquilaria sinensis*)、蝴蝶树(*Tarrietia parvifolia*)。

本次调查沿海拔设置大样方7个,面积0.06~0.10hm<sup>2</sup>不等,在每个大样方中设1×1m小样方4个(样方设计原理见参考文献<sup>[2~4]</sup>),进行生物及环境因子调查。根据样方调查结果,参考其他学者提供的样方资料,结合美国陆地卫星遥感资料的分析,调查样带上天然植被相应形成的热带山地雨林有山顶矮林、中山雨林、低山雨林等类型。并有野荔枝等保护植物分布。

#### 1.1 山顶矮林

分布在海拔1500m以上的山顶。气温低、温差大、蒸发强、雾多、湿度大、土层薄、地表多覆盖着5cm的苔藓层。矮林树种组成较简单。林分高度相对较低,6~10m左右,个别松树植株可达12~15m。胸径通常为5~20cm,分枝低、干形弯曲,树皮厚粗,叶小、群落结构简单,林冠稀疏,上层乔木尤为稀疏,下层多为灌木或竹类,林间常有草丛或小块草地、地表和树干上常附一层很厚的苔藓,还有少数附生植物。主要树种有五裂木(*Pentaphylax euryoides*)、冬青(*Ilex angulata*)、蒲桃(*Syzygium ararocladum*)等,此外还有广东松(*Pinus kwangtungensis*)、海南五针松(*Pinus fenzeliana*)等针叶树。

#### 1.2 中山雨林

分布于低山雨林垂直分布带之上的山坡上,从海拔1000~1100m开始,随海拔升高向山顶矮林过渡。生境特点是气温低、湿度大、常风大、土层较薄、岩石裸露较多,因此,局部地方土壤较干燥。树高约20m,个别植株超过25m。外貌基本上常绿,但林冠比低山雨林稀疏,树干趋向粗矮而分枝低,乔木胸径一般为40cm左右,巨型树较少,群落中蕨类和苔藓植物极繁茂,裸子植物和竹类比较多,乔木一般分两层,主要有陆均松、五裂木、琼崖柯(*Lithocarpus fenzeliana*)等。裸子植物种类主要有广东松、海南五针松等。

#### 1.3 低山雨林

主要分布于中山区低海拔的山坡上,分布区云雾大而空气湿润,气温较低,蒸发量较小。群落高度25~30m,个别植株超过30m。乔木一般分两层。树冠茂密郁闭度较高,林内阴暗、潮湿,树干挺直,有附生的地衣等低等植物。群落成分以热带山地的常绿性阔叶树为主,上层乔木以山毛榉科、樟科、茶科植物占优势。主要树种有陆均松、短叶罗汉松(*Podocarpus brevifolius*)、山海常(*Altingia obovata*)、子荆(*Madhuca hainanensis*)、油丹(*Alseodaphne hainanensis*)等。下层乔木以樟科占优势。

#### 1.4 保护植物出现频率及风险等级分析

样方内有国家二级保护植物1种:野荔枝;国家三级保护植物5种:蝴蝶树、海南石梓、广东松、乐东拟单性木兰、陆均松。这6个种在调查样方中出现的频率都很低,陆均松出现在3个样方,其余5个种只在1个样方中出现。从每个样方出现的保护植物株数看,乐东拟单性木兰在同一样方中发现5株,其余5个种在同一样方中都只发现1株。据此,得出这6种保护植物在当地遭受干扰的风险等级(表1)。

表1 样方内保护植物的频率和风险等级

Table 1 Frequency and risk class of protected plant in the plots

| 种类      | 频率        | 海拔(m)         | 发现株数       | 风险等级       |
|---------|-----------|---------------|------------|------------|
| Species | Frequency | Elevation     | Trees/plot | Risk class |
| 野荔枝     | 1/7       | 758           | 1          | 大          |
| 蝴蝶树     | 1/7       | 758           | 1          | 大          |
| 海南石梓    | 1/7       | 813           | 1          | 大          |
| 广东松     | 1/7       | 1750          | 1          | 大          |
| 陆均松     | 3/7       | 950,1350,1750 | 1,1,1      | 小          |
| 乐东拟单性木兰 | 1/7       | 1810          | 5          | 中          |

#### 2 动物调查及评价

据当地资料记载,五指山自然保护区野生动物资源丰富,种类繁多,已查明的陆栖脊椎动物173种,占全岛总数(561种)的31%,其中兽类43种,占全岛总数(176种)的57%;鸟类118种,占总数(344种)的34%;两栖爬行类12种,此外,还有鱼类39种。

本研究采用沿线调查方法,对动物活动情况进行了调查和分析。共统计到两栖纲动物、鸟类、兽类共计19种。爬行纲动物未遇到(见表2)。

表2 动物调查结果与分析

Table 2 The result of wild animal investigation and analysis

| 种名                                         | 海拔(m)     | 数量     |
|--------------------------------------------|-----------|--------|
| Species name                               | Elevation | Amount |
| 小白腰雨燕( <i>Apus affinis</i> )               | 1100      | 3      |
|                                            | 1820      | 18     |
| 山拟啄木鸟( <i>Megalaima vorti</i> )            | 700~1500  | 12     |
| 白头鹎( <i>Pycnonotus sinensis</i> )          | 700~900   | 3      |
| 白喉冠鹎( <i>Criniger palliud</i> )            | 700~900   | 4      |
| 黑短脚鹎( <i>Hypsipetes madagascariensis</i> ) | 700~900   | 3      |
| 红头鹎( <i>Stachis ruficeps</i> )             | 100~1800  | 10     |
|                                            |           | 1      |
| 黑领噪鹛( <i>Garrulax pectoralis</i> )         | 1300      | 3      |
| 灰眶雀鹛( <i>Alcippe morrisona</i> )           | 700~1600  | 22     |
| 暗绿柳莺( <i>Phylloscopus trochiloides</i> )   | 700~1800  | 12     |
| 黑枕王( <i>Hypothymis azurea</i> )            | 1200      | 2      |
| 黄腹在蜜鸟( <i>Nectarinia jugularis</i> )       | 900       | 1      |
| 叉尾太阳鸟( <i>Aethopyga kristinae</i> )        | 800       | 1      |
| 暗绿绣眼鸟( <i>Zosterops japonica</i> )         | 800       | 6      |
|                                            | 1800      | 1      |
| 花松鼠( <i>Tamias swinhoi hamatus</i> )       |           | 2      |
| 泽蛙( <i>Rana limncharis</i> )               | 600~700   | 2      |
| 白头鹎( <i>Pycnonotus sinensis</i> )          | 700~800   | 12     |
| 黑短脚鹎( <i>Hypsipetes madagascariensis</i> ) | 700~800   | 2      |
| 棕背伯劳( <i>Lanius schach</i> )               | 700~800   | 3      |
| 黄眉柳莺( <i>Phylloscopus inornatus</i> )      | 700~800   | 2      |
| 白喉扇尾( <i>rhypidura albicollis</i> )        | 700       | 2      |
| 白腰文鸟( <i>Lamchura striata</i> )            | 700       | 30     |

由于调查路线沿山间小路,加之调查季节气温较低,两栖爬行动物活动偏少,因此,遇见率偏低。而兽类大多机警,很少活动于人类出没较频繁的道路附近,同时多为夜间活动,因此遇见率及痕迹发现率也偏低。所以,与当地物种志的记载相比较,本文只调查并分析了具有当地代表性的易见动物种的生活习性。

鸟类所见种类为常见小型鸟类,大多在海南岛山区分布广泛。灰眶雀鹛为优势种,其中山拟啄木鸟和小白腰雨燕的统计宽度为100m(其它种为30m)。

动物的分布与自然景观条件(地貌、气候、水文、土壤、植物等)有着不可分割的关系,其中尤以植物最为重要。一方面植被作为体现地形、气候、土壤等其他自然环境的综合体,既是动物的隐蔽条件,又是动物直接或间接的食料,植物是动物赖以生存的决定因素,动物的分布与植物的地理分布有着十分密切的关系。另一方面,由于动物迁徒力强,具有较大的生态可塑性,能适应多种类似的环境,所以即使在同一景观中,动物的种类也不是完全相同,同一种动物,有时出现在不同的景观中。

### 3 土壤环境质量调查和评价

五指山保护区地表基本为热带森林所覆盖。根据调查发现(表3),在700~1800m海拔高度的山体上,土壤基本被山地雨林和山顶矮林所覆盖,除个别地段受人为干扰破坏严重,郁闭度较低外,其它郁闭度都较高。森林茂密,物种丰富,呈多层结构,这种独特的地理环境与地被特征导致了其生态服务能力的特殊性,森林保土能力强、水源涵养能力大<sup>[5~6]</sup>。终年河水不断的河沟主要有五指山河、新坝挡沟、冲荣沟、林了沟、园湾沟、什亲沟、南牙生沟、南流河、走水沟、南跑沟、老郎沟、南冲沟、南开沟、南卡沟等16条河沟,发源于五指山的3条较大河流,万泉河,集水面积为3696km<sup>2</sup>,长157km,万泉河的支流太平溪发源于五指山三角岭;昌化江,集水面积5150km<sup>2</sup>,长231.6km;南渡江的支流也有发源于五指山保护区的。森林生态系统的水源涵养功能主要表现在没有水利设施的情况下,遇到暴雨避免山洪暴发造成水灾,或者遇到少雨季节或年份避免旱灾,避免水土流失,改善土壤结构。可以通过多年观测的资料来对这种灾害的减少作定量的价值评估<sup>[7~8]</sup>。

采集了属于不同土壤类型的7个土壤样品,并测定了各土壤样品的主要物理和化学性质,各样方及土壤样品的基本属性见表3。

表3 土壤调查样地  
Table 3 The soil-survey plots

| 样方号<br>No. of plot | 海拔(m)<br>Elevation | 林型<br>Forest type | 位置<br>Position | 郁闭度<br>Forest canopy | 土壤总厚度<br>(cm)<br>Total thickness of soil | A层厚度<br>(cm)<br>Thickness of layer A | 石砾含量<br>(%)<br>(>0.5cm)<br>Gravel content | 坡度(°)<br>Slope |
|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|
| 1                  | 758                | 山地雨林被破坏后的残存林      | 转17            | 0.4                  | 50~80                                    | 15~25                                | <25                                       | 5~15           |
| 2                  | 813                | 山地雨林              | 转20            | 0.6                  | 30~50                                    | <15                                  | <25                                       | 5~15           |
| 3                  | 950                | 山地雨林              | 转54下           | 0.9                  | 30~50                                    | <15                                  | 25~50                                     | >25            |
| 4                  | 1200               | 山地雨林              | 转54上           | 0.9                  | <30                                      | 15~25                                | <25                                       | >5             |
| 5                  | 1350               | 山地雨林              | 神仙洞附近          | 0.9                  | 30~50                                    | 15~25                                | 25~50                                     | >25            |
| 6                  | 1750               | 山顶矮林              | 一、二峰间          | 0.9                  | <30                                      | 15~25                                | <25                                       | >5             |
| 7                  | 1810               | 采伐后的迹地            | 二、三峰间          | 0                    | >80                                      | 15~25                                | <25                                       | >5             |

#### 3.1 沿线土壤类型描述

沿线主要有黄壤、赤红壤和山地灌丛草甸土。

黄壤土层相对较厚,可达1m,质地偏砂,渗透性强,分布在海拔700m以上,粘土砂物组成以高岭石占优,活性铝含量高,土壤呈酸性反应。黄壤又可分为山地黄壤和山地淋溶黄壤,其中山地黄壤是主要土壤类型,分布于700~1600m海拔区,地势高,云雾较多,日照较少,降水充沛,相对湿度大,年平均气温23.6℃,年降雨量2310mm,年蒸发量1871mm,土层湿,表层松软,易碎,块状结构,石砾达30%左右。山地淋溶黄壤分布于海拔700m以上的平缓山坡和山顶,林内环境比黄壤更湿,地表有松厚的苔藓及枯枝落叶层,土层厚

次分明,呈块状棱状结构,粘粒下移现象明显。

赤红壤分布于700m以下的低山和丘陵地区,非地带性类型。

山地灌丛草甸土分布在海拔1600m以上,其成土母岩为粉砂岩,砂质板岩风化残积物,粒状结构明显,但淀积层发育不明显,且夹有大量半风化的岩石碎片。

### 3.2 土壤物理性状

由测定结果可以看出,由于山地坡度较大,土层厚度较小,石砾含量较高,有些土壤石砾含量达25%~50%,达到粗砂性土的标准。从各类土壤的机械组成(表4)看出,3种土壤类型中物理性砂粒都占了55%以上。因此,土壤质地均为中壤土。

表4 各土壤的机械组成(%)

Table 4 Soil texture

| 土壤类型  | Soil type           | >2(mm) | 2~0.05(mm) | 0.05~0.002(mm) | <0.002(mm) |
|-------|---------------------|--------|------------|----------------|------------|
| 赤红壤   | Lateritic red earth | 47.4   | 18.0       | 16.1           | 18.5       |
| 黄壤    | Yellow earth        | 29.1   | 31.5       | 27.9           | 11.5       |
| 灌丛草甸土 | Scrubby meadow soil | 24.7   | 32.07      | 29.93          | 14.02      |

### 3.3 土壤化学性状

土壤化学分析结果(表5)表明,各土类土壤皆呈酸性,其pH值从山下向山上逐渐递减。土壤有机质含量为2.41%~10.22%,不同土类之间差异较大,除高山灌丛草甸土外,其它土类有机质含量不高。从土壤长效养分来看,全氮含量0.10%~0.39%,由山下的赤红壤逐渐递增到山顶的灌丛草甸土。全磷和全钾的含量分别为0.19%~0.03%和0.74%~1.73%,其变化是从山顶的灌丛草甸土逐渐递增到山下赤红壤。

速效氮、速效磷和速效钾的含量分别为161.3~481.1mg/kg、0.87~2.3mg/kg和67.8~104.5mg/kg,速效氮和速效磷的变化由山下向山顶逐渐递减,位于山地中部的黄壤的速效钾较低。

表5 各土壤类型的主要化学性质

Table 5 The main chemical natures of 3 types of soils

| 土壤类型               | pH   | 有机质(%) | 全氮(N%)  | 全磷(P%)  | 全钾(K%)  | 速效氮     | 速效磷     | 速效钾     |
|--------------------|------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Soil type          |      | O. M.  | Total N | Total P | Total K | (mg/kg) | (mg/kg) | (mg/kg) |
|                    |      |        |         |         |         | Avai. N | Avai. P | Avai. K |
| 赤红壤 <sup>①</sup>   | 5.52 | 2.41   | 0.10    | 0.03    | 1.73    | 161.3   | 0.87    | 80.0    |
| 黄壤 <sup>②</sup>    | 5.14 | 5.01   | 0.18    | 0.02    | 0.94    | 224.6   | 1.5     | 67.8    |
| 灌丛草甸土 <sup>③</sup> | 4.88 | 10.22  | 0.39    | 0.019   | 0.74    | 481.1   | 2.3     | 104.5   |

①Lateritic red earth;②Yellow earth;③Scrubby meadow soil

## 4 物种多样性调查和评价

物种多样性指数是反映物种丰富程度和生态系统保护价值的一个重要指标,有多种计算方法<sup>[9]</sup>。采用Shannon-Wiener指数分别样方计算,然后按森林类型进行归并,得出主要森林生态系统类型的物种多样性指数(表6)。

由表6可以看出,3种主要森林类型的物种数均较丰富。山顶矮林、中山雨林和低山雨林的物种数分别为37种、31种和51种,其中乔木层物种数分别为15、17、20种,林下物种数分别为22、14、31种。生物多样性指数分别为2.06、1.78和1.63。

## 5 结语

海南五指山自然保护区是我国少有的几个热带山地雨林生态系统保护区,其结构功能完整,物种多样性高,是海南岛的天然屏障和大多数水系的源头,在调节气候、涵养水源、防风固沙、保持水土等方面具有重要的生态服务功能。通过生态学调查、遥感图像处理等手段,运用系统分析模型系统评价了五指山热带

雨林生态系统的生态环境和多样性特征,认为该区属区域生态环境脆弱的地带,生态服务功能敏感性强。区域的有序开发应与环境保护相协调,促进社区可持续发展。

表6 3种植被类型的物种多样性指数

Table 6 Index of species-diversity on different forest types

| 森林类型<br>Forest type | 乔木层物种数<br>No. of species<br>at crown | 林下物种数<br>No. of species<br>under crown | 总物种数<br>Total No.<br>of species | 多样性指数<br>Index of diversity |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 山顶矮林 <sup>①</sup>   | 15                                   | 22                                     | 37                              | 2.06                        |
| 中山雨林 <sup>②</sup>   | 17                                   | 14                                     | 31                              | 1.78                        |
| 低山雨林 <sup>③</sup>   | 20                                   | 31                                     | 51                              | 1.63                        |

① Short forest on top of mountain; ② Rain forest at middle mountain; ③ Rain forest at lower mountain

### 参 考 文 献

- 1 海南岛大农业建设与生态平衡学术考察团自然保护区课题组. 海南岛的自然保护与自然保护区. 见: 中国海南岛大农业建设与生态平衡论文选集编辑委员会编. 中国海南岛大农业建设与生态平衡论文选集. 北京: 科学出版社, 1987. 447~455
- 2 关毓秀主编. 测树学. 北京: 中国林业出版社, 1995
- 3 Eugene P Odum 著. 孙儒泳, 等译. 生态学基础. 北京: 人民教育出版社, 1981
- 4 Cox G W. 普通生态学实验手册. 蒋有绪译. 北京: 科学出版社, 1979
- 5 Brian W van Wilgen, et al. Valuation of ecosystem services, a case study from south African fynbos ecosystems. *BioScience*, 1996, 46: 184~189
- 6 Gretchen C Daily, et al. *Nature's services, societal dependence on natural ecosystems*. Washington, D. C.: Island Press, 1997
- 7 Robert Costanza, Ralph d'Arge, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(15): 253~260
- 8 David Pimentel, Christa Wilson, et al. Economic and environmental benefits of biodiversity, the annual economic and environmental benefits of biodiversity in the United States total approximately \$ 300 billion. *BioScience*, 1997, 47: 747~757
- 9 蒋志刚, 马克平, 韩兴国主编. 保护生物学. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1997