



广东丹霞山 动植物资源 综合科学考察

彭少麟 廖文波 李 贞 费凤龙 王英永
常 弘 曾曙才 金建华 辛国荣 陈宝明 侯荣丰 著



科学出版社

广东丹霞山

动植物资源综合科学考察

彭少麟 廖文波 李 贞 贾凤龙 王英永 常 弘 著
曾曙才 金建华 辛国荣 陈宝明 侯荣丰

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是对广东丹霞山生物多样性综合考察的总结,内容涉及地质地貌、土壤、气候、水文、植被,并着重研究了植物物种多样性(苔藓植物、蕨类植物、裸子植物、被子植物)、动物物种多样性(昆虫纲、两栖纲、爬行纲、鸟纲、哺乳纲)、生态系统多样性、植物区系、动物区系等,此外还对相关生态环境资源、植被景观资源、景观区划、生态过程等进行了科学评价。本书对评价丹霞山生物资源的科学价值、遗产价值,对探讨和预测丹霞山地区生态环境的演变过程具有重要的理论意义,对政府部门开展生态旅游规划以及自然保护管理等方面也具有实际指导意义。

本书可供植物学、动物学、生态学等研究机构的科研人员、高等院校师生、生物多样性和生态旅游爱好者参考。也可政府部门、自然保护管理部门的工作人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

广东丹霞山动植物资源综合科学考察/彭少麟等著. —北京:科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-032699-7

I. ①广… II. ①彭… III. ①山-野生动物-资源调查-科学考察-考察报告-仁化县②山-野生植物-资源调查-科学考察-考察报告-仁化县
IV. ①Q958.526.54②Q948.526.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 226816 号

责任编辑:罗 静 王 静 景艳霞/责任校对:何艳萍
责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 11 月第 一 版 开本: A4 (880×1230)

2011 年 11 月第一次印刷 印张: 15 1/2 插页: 4

字数: 501 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《广东丹霞山动植物资源综合科学考察》项目组

项目组织委员会

主 任 王晓梅 黄大维

副主任 侯荣丰

项目主持人 彭少麟 廖文波

项目组协调人 辛国荣 侯荣丰

各考察小组负责人（组长）

土壤组 曾曙才 金建华

植物组 廖文波

植被景观组 李 贞

昆虫组 贾凤龙

鸟类、两栖类、爬行类 王英永

鱼类及兽类 常 弘

植被生态过程研究 彭少麟

丹霞山综合组 侯荣丰 余长勇 石耀祥 练德生 陈再雄

参加考察和研究的主要人员（按姓氏汉语拼音排序）

阿米娜·木哈买提 常 弘 陈宝明 陈磊夫 陈蕾伊

陈水莲 陈素芳 陈再雄 丁明艳 凡 强 符以福

郭 微 郝大庆 侯荣丰 侯玉平 胡 亮 胡志坚

贾凤龙 金建华 梁力尹 李 静 李 贞 李富荣

李景照 练德生 廖文波 林石狮 林真光 刘蔚秋

罗 连 潘雅书 庞俊晓 彭少麟 蒲杨婕 邱 珏

任文韬 沈如江 石耀祥 石祥刚 王冬梅 王立用

王瑞龙 王英永 吴 瑾 辛国荣 肖嘉杰 谢慧燕

杨宇洁 叶有华 余 意 余长勇 张宏意 张国萍

曾曙才 周 婷

项目承担单位

中山大学生命科学学院有害生物控制与资源利用国家重点实验室

韶关市丹霞山风景名胜区管理委员会

广东韶关丹霞山国家级自然保护区管理局

世界自然遗产/世界地质公园——丹霞山简介

世界自然遗产/世界地质公园——广东丹霞山，又称为中国红石公园，位于韶关市仁化县和浈江区交界地带，总面积 292 km²，是以丹霞地貌景观为主的自然与人文并重的风景区。因“色如渥丹，灿若明霞”而得名，是世界低海拔山岳型风景区的杰出代表。

1988 年，丹霞山经国务院批准为国家级风景名胜区；1995 年国务院批准为国家级自然保护区；2001 年国土资源部批准为国家地质公园；2004 年 2 月 13 日联合国教育、科学及文化组织批准为全球首批世界地质公园。2010 年 8 月 1 日，经联合国教育、科学及文化组织世界遗产委员会批准，丹霞山与国内其他 5 省 5 处丹霞地貌集中分布区以“中国丹霞”名称列入《世界遗产名录》，成为广东省首个世界自然遗产。

丹霞山古称曲红冈、韶石、烧木佛旧地。1963 年 7 月建立仁化县属丹霞山林场。1980 年，经广东省政府批准，丹霞山长老峰景区对外开放旅游。1986 年成立丹霞山风景管理局，与丹霞山中国旅行社合署办公。1992 年成立仁化县丹霞旅游开发试验区管委会（副处级），代管丹霞山风景名胜区。2005 年年底，丹霞山风景名胜区的开发与管理权划归韶关市政府直管，丹霞山管理委员会升格为韶关市人民政府的正处级派出机构，管理委员会设在北部的仁化县境内。2009 年，设立广东韶关丹霞山国家级自然保护区管理局，与韶关市丹霞山风景名胜区管理委员会合署办公。

丹霞山是世界丹霞地貌命名地。丹霞地貌是 20 世纪 20 年代在广东丹霞山命名的一种岩石地貌类型，逐渐演变为特指“有陡崖的陆相红层地貌”的学术名词。在中国已经有 80 年的研究历史，在国内学术界和社会被广泛应用。丹霞山的丹霞地貌发育具有典型性、代表性、多样性和不可替代性。据地质地貌学家研究表明：在中国已经发现的 800 多处丹霞地貌中，丹霞山是发育最典型、类型最齐全、造型最丰富、景色最优美、研究最充分的丹霞地貌集中分布区。

丹霞山由丹霞、巴寨、韶石、飞花水、仙人迹 5 个景区和锦江风光带、浈江风光带组成。全山由 680 多座顶平（顶斜）、身陡、麓缓的红色砂砾岩石构成，以赤壁丹崖为特色。最高峰巴寨海拔 619.2 m。以赤壁丹崖之雄、阴阳元石之奇、巴寨之险、锦江之秀、翔龙湖之幽、韶石之韵、夏富之旷闻名。

丹霞山目前已对外开放长老峰、阳元石、翔龙湖—阴元石、锦江画廊、竹筏漂流等游览区。

长老峰游览区中下层有锦石岩石窟寺、梦觉关、幽洞通天、百丈峡、喷玉泉、龙鳞片石、五色间错大斑石、马尾瀑、“锦岩”摩崖石刻碑刻群等赤壁丹崖和人文景观；中层有“丹霞山记”摩崖石刻群、福音峡、别传禅寺、天然岩、鸳鸯树、通天峡、御风亭等景点；登丹梯铁锁即至上层，长老峰、海螺峰、宝珠峰三峰耸峙，雪岩、晚秀岩、草悬岩、海螺岩、澹归和尚墓、红豆相思林、螺顶浮图、虹桥拥翠、片鳞岩、舵石朝曦等景点并陈于山巅之间。观日亭、宝珠亭、韶音台是观日出、赏晚霞、眺远山的好去处。

阳元石游览区因阳元石得名。“孤留一柱撑天地，俯视群山尽子孙。”阳元石是一个酷似男性生殖器官的天然石柱，高 28 m，直径 7 m，被誉为“天下第一奇石”。主要景点还有拜阳台、云崖栈道、嘉遁亭、细美寨、九九天梯、通泰桥、混元洞、海豹石、狮子岩、鲲鹏展翅等。

翔龙湖景区因湖面轮廓酷似一条腾飞的青龙得名，湖面长 1350 m，最深水深 18 m。有龙角山、仙居岩道观、双龙戏珠、玉带桥、熊猫石、古今龙文化石刻、官帽石等景点。湖尾 700 m 处有一个酷似女性生殖器官的天然石洞——阴元石，高 10.3 m，洞宽 4.8 m，深 4.3 m。

锦江源出江西崇义竹洞，全长 109 km。下游 34 km 河段自北而南纵贯丹霞山区。两岸赤壁倒悬，翠竹拥江，是一条山水相融的风景画廊。丹霞电站、瑶山电站将河道分为 3 段，乘舟漫游可欣赏狮头岩、睡美人、群象出山、金龟朝圣、六指擒魔、姐妹峰、茶壶峰、巴寨、童子拜观音等景点。

目 录

世界自然遗产/世界地质公园——丹霞山简介

第 1 章 丹霞山自然概况	1
1.1 地理位置	1
1.2 气候特征	1
1.3 水系特征	1
1.4 丹霞山生物多样性	2
1.4.1 植物	2
1.4.2 动物	2
1.5 生态系统多样性及其演替特征	2
1.5.1 生态系统多样性	2
1.5.2 演替特征	2
1.5.3 地貌生态特征	3
参考文献	3
第 2 章 丹霞山地质地貌及土壤特征	4
2.1 地质地貌特征	4
2.2 土壤特征	5
2.2.1 土壤调查与采样及分析	5
2.2.2 土壤理化性质与肥力特征	5
2.2.3 小结与讨论	12
参考文献	13
第 3 章 丹霞山植被类型及其特征	14
3.1 植被调查与分析方法	14
3.1.1 调查方法	14
3.1.2 数据分析	14
3.2 植被格局和物种组成	14
3.2.1 植被群落的水平和垂直序列特征	14
3.2.2 植被群落的组成特点	15
3.3 植被类型系统	16
3.4 主要植被类型及其特征	19
3.5 植被类型的构成	38
3.6 植被垂直序列	38
参考文献	39
第 4 章 丹霞山植物区系的性质与特征	40
4.1 苔藓植物区系	40
4.2 蕨类植物区系	41
4.2.1 蕨类植物科的组成	41
4.2.2 蕨类植物属的组成	42
4.3 种子植物区系	42
4.3.1 区系的优势科与表征科	42
4.3.2 属的地理成分分析	44
4.3.3 丹霞山种子植物区系的性质与特征	46
4.3.4 种子植物区系与邻近地区植物区系的比较	50
4.4 总结	52
参考文献	52

第5章 丹霞山植物区系的特有现象及珍稀濒危种	54
5.1 区域特有科	54
5.2 中国特有属	55
5.3 中国特有种	55
5.3.1 丹霞山特有化程度较高的科	55
5.3.2 丹霞山中国特有种与邻近地区的共有性	57
5.4 丹霞山中国特有种分化形成的模式	58
5.5 原始或重要的种子植物特有种	59
5.6 国家珍稀濒危保护植物	60
5.6.1 珍稀濒危植物收集的依据和标准	60
5.6.2 珍稀濒危植物的种类构成	60
5.6.3 重要的珍稀濒危种及其保护价值	61
5.6.4 丹霞山与邻近地区保存的珍稀濒危种比较	63
5.6.5 丹霞山亟待保护的珍稀濒危种	64
5.6.6 丹霞山珍稀濒危种的致濒原因及其保育	65
参考文献	66
第6章 丹霞山植被景观与古树名木	68
6.1 风景植被	68
6.1.1 风景植被的划分原则与系统	68
6.1.2 风景植被的景观特征	70
6.2 古树名木与风景树	71
参考文献	73
第7章 丹霞山资源植物及其保护	74
7.1 资源植物各论	74
7.1.1 用材植物	74
7.1.2 药用植物	74
7.1.3 食用植物	77
7.1.4 淀粉植物	78
7.1.5 油脂植物	78
7.1.6 芳香植物	79
7.1.7 鞣料植物	79
7.1.8 纤维植物	79
7.1.9 观赏植物	80
7.1.10 饲料植物	81
7.2 丹霞山植物资源及其可持续利用	82
7.2.1 保护野生植物资源	82
7.2.2 种质资源有序开发	82
7.2.3 开展针对性科学研究	82
7.2.4 加大宣传力度并提高保护意识	82
参考文献	82
第8章 丹霞山昆虫	83
8.1 野外考察	83
8.1.1 考察时间	83
8.1.2 考察方法	83
8.2 丹霞山昆虫多样性概况	83
8.3 丹霞山昆虫区系及特点	85
8.3.1 丹霞山昆虫区系	85
8.3.2 丹霞山昆虫特点	87
8.3.3 新种和中国新记录种及“三有”保护昆虫	87
参考文献	88

第 9 章 丹霞山鱼类	89
9.1 鱼类种类组成	89
9.2 鱼类区系特点	93
9.3 鱼类资源	94
参考文献	94
第 10 章 丹霞山两栖纲动物物种多样性	95
10.1 环境特点	95
10.2 调查方法与路线	95
10.3 调查结果	95
10.3.1 物种组成及分布特点	95
10.3.2 区系分析	97
参考文献	98
第 11 章 丹霞山爬行纲动物	100
11.1 爬行纲物种组成及分布特点	100
11.1.1 物种组成	100
11.1.2 中国特有种	100
11.1.3 分布特点	102
11.2 区系特点	102
参考文献	103
第 12 章 丹霞山鸟类	104
12.1 物种组成	104
12.1.1 中国特有种	104
12.1.2 珍稀濒危物种	104
12.2 分布特点	104
12.3 区系特点	105
参考文献	110
第 13 章 丹霞山哺乳动物	111
13.1 物种组成	111
13.2 区系特征	116
13.3 丹霞山哺乳动物分布型	117
参考文献	117
第 14 章 丹霞山珍稀濒危动物及其保育	119
14.1 珍稀濒危动物统计的主要标准	119
14.2 珍稀濒危动物的种类组成	120
14.2.1 IUCN 物种红色名录	120
14.2.2 中国物种红色名录	120
14.2.3 国家重点保护野生动物	122
14.2.4 重要的珍稀濒危种及其保护价值	123
14.2.5 丹霞山应尽快列为珍稀濒危保护动物的其他类群	123
14.3 丹霞山珍稀濒危物种的致濒原因及其保育	124
14.3.1 自然因素	124
14.3.2 人为因素	124
14.3.3 珍稀濒危动物的保育	125
参考文献	125
第 15 章 丹霞山生态系统类型多样性	126
15.1 生态系统的划分	126
15.2 丹霞山生态系统类型	127
15.3 丹霞山特殊生态系统	129

15.4 丹霞山生态系统复合性	129
参考文献	129
第 16 章 丹霞地貌区的特征生态过程	130
16.1 丹霞地貌区的生态演替特征	130
16.1.1 丹霞地貌区的原生演替	130
16.1.2 丹霞地貌区的次生演替	132
16.1.3 丹霞地貌独特的演替过程的科学意义	132
16.2 丹霞地貌特殊的沟谷生态效应	134
16.2.1 丹霞地貌沟谷植物群落组成与特征	134
16.2.2 丹霞地貌沟谷群落具有较多热带成分的形成机制	136
16.2.3 丹霞地貌沟谷生态效应的科学意义	139
16.3 丹霞地貌特殊的山顶生态效应	139
16.3.1 丹霞地貌的山顶生态特征	139
16.3.2 丹霞地貌的山顶生物特征	141
16.3.3 丹霞地貌的山顶生态效应及其机制	144
16.3.4 丹霞地貌山顶生态效应的科学研究价值	146
参考文献	146
第 17 章 丹霞山维管植物生物多样性编目	149
17.1 丹霞山维管植物编目	149
17.1.1 蕨类植物 Pteridiophyta	149
17.1.2 裸子植物 Gymnospermae	153
17.1.3 被子植物 Angiospermae	153
17.2 丹霞山新记录属和新种及新记录种	194
第 18 章 丹霞山动物生物多样性编目	196
18.1 昆虫编目	196
18.2 鱼类多样性编目	222
18.3 两栖类动物物种多样性编目	225
18.4 爬行纲动物物种多样性编目	226
18.5 鸟类物种多样性编目	227
18.6 哺乳动物物种多样性编目	232
编后说明	236
主要图件编制人员	237
彩版	

第1章 丹霞山自然概况

本章提要：从丹霞山地理位置、气候特征、水系特征、生物多样性、生态系统多样性及其演替特征等方面，简单介绍丹霞山的自然资源概况。

1.1 地理位置

丹霞山位于广东省韶关市仁化县和浈江区境内。东经 $113^{\circ}36'25'' \sim 113^{\circ}47'53''$ ，北纬 $24^{\circ}51'48'' \sim 25^{\circ}04'12''$ 。丹霞山风景区东西宽 17.5 km；南北长 22.9 km。

1.2 气候特征

丹霞山位于南岭山脉南坡，属亚热带南缘，具有中亚热带向南亚热带过渡的亚热带季风性湿润气候特点。

(1) 气温。丹霞山年平均气温 19.7°C ，极端最低温 -5.4°C ，极端最高温 40.9°C ，最大月平均日较差 18.8°C 。最热月 7 月平均气温 28.3°C ，最冷月 1 月平均气温 9.5°C 。平均最高气温和平均最低气温有秋高于春的特点。

(2) 日照。丹霞山年均日照总数 1721 h，太阳辐射量 $107.2 \text{ kcal}^{\text{①}}/\text{cm}^2$ ，日均日照时数 4.7 h，7~9 月较多，2~4 月较少。

(3) 降水。丹霞山年均降水量 1715 mm。3~8 月降水量约占全年降水量的 75%，以 4~6 月最为集中，约占全年降水量的 48%。年最大降水量 2185 mm (1994 年)，最小降水量 1150 mm (1963 年)；月最大降水量 639 mm (1954 年)，日最大降水量 198 mm (1971 年)。丹霞山雨日 (日降水量 0.1 mm) 平均每年有 172 天，年内各月分布不均，1~9 月平均每月在 10 天以上，其中 2~6 月平均每月在 15 天以上，5 月长达 20 天。

(4) 湿度。丹霞山绝对湿度平均值为 $19.8 \text{ mbar}^{\text{②}}$ ，最大值为 39 mbar，最小值为 1.1 mbar；相对湿度平均值为 81%，最小值为 10%，春季和夏初较大，秋冬季较小。

(5) 风速和风向。丹霞山平均风速不大，为 1.1 m/s，秋冬季稍大，为 1.2 m/s，春夏季较小。主导风向为 SSE (东南偏南)，秋冬季为 SSE (东南偏南)，夏季为 S (南)，秋季为 NE (东北)。

(6) 蒸发量。丹霞山年平均蒸发量为 1415 mm，年最大蒸发量为 1709 mm。

(7) 霜期。丹霞山初霜期一般出现在 11 月 24 日，终霜期出现在 3 月 5 日，霜期达 102 天，霜日达 30 天，无霜期为 263 天。丹霞山少见降雪。

(8) 台风。丹霞山属于季风区，由于距离海洋相对较远，极少受台风的直接损害，基本上只有台风外围低压环流的影响。但台风对丹霞山秋季降雨影响极大，没有台风影响就没有降雨，水资源补给就少，因此台风对于缓解丹霞山秋早有重要作用。

(9) 四季。按平均气温划分，平均温度大于 24°C 为夏季，小于 14°C 为冬季， $14 \sim 24^{\circ}\text{C}$ 为春、秋季。在丹霞山 3~4 月为春季，5~9 月为夏季，10~11 月为秋季，12 月至翌年 2 月为冬季。以平均气温来划分四季，多年平均秋季长 71 天，夏季长 168 天，春季长 78 天，冬季长 48 天，表现冬短夏长，春长于秋的特点。该区春季阴雨多、阳光少，空气潮湿，天气多变；夏季闷热天气较多，强对流天气频繁，多雷雨，常见洪涝；秋季少雨，阳光充足，空气干爽；冬季少雨，有霜冻，天气较冷。总之，丹霞山具有亚热带季风性湿润气候向南亚热带过渡的特点，夏长冬短，春夏多云雨，秋冬降水较少，秋高气爽。

1.3 水系特征

丹霞山景区 (丹霞盆地) 的水系属于珠江三大水系中北江流域的浈江水系。其主要由浈江及其一级

① $1 \text{ cal} = 4.19 \text{ J}$ 。

② $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$ 。

支流锦江和黄竹河等构成。

浈江为北江正源，发源于江西省信丰县石溪湾，河长 211 km，流域面积 7554 km²，下游河段 22 km 从景区东南边界流过。

锦江发源于广东、湖南、江西交界的万时山东麓，河长 109 km，流域面积 1913 km²。下游河段由东北部的黄屋切入丹霞盆地，呈嵌入曲流形式流至仁化江村口汇入南缘的浈江。其在盆地境内长约 34 km，落差约为 50 m。但从入口到出口的直线距离仅约 18 km，可见锦江的曲折流长。锦江的河谷地貌可分为 3 段，首段为黄屋—长老峰（丹霞山）—车头村河段，河床曲窄水满，只有少数的心滩，仅在入山处的瑶塘有一片开阔的河漫滩阶地。紧接的河段在车头村附近开始变宽，并由原来的东西流向折转向南，转折处有一大江心洲，自长沙背—夏富与董塘河交汇处这一段河的河床宽，水流缓，且有极为开阔的河漫滩和阶地（冲积平原），这里被辟为连片的水田，与江边竹林、丹霞峰林构成锦江最秀美的田园风光。自此段向下直至注入浈江的河段，又恢复为河床窄、曲流蜿蜒的特点。除此，锦江还有众多的支流，东岸支流主要有老虎坑、庙仔坑、杨梅坑、金龙坑、葫芦坑等；西岸支流有车湾河、暖坑、艾芷坝等。

黄竹河，或名大富水，又名湾头河。河长 33 km。上游是由丹霞盆地西部的多分支的河溪交汇组成，主要是经巴寨和燕岩之间的白泥坳、白莲、矮寨、黄竹等地，在南缘的湾头注入浈江。河流下游有石荒滩，偶尔出现断流现象。除锦江和黄竹河外，浈江还有水西坑、麻坑等一级短小支流。

盆地内部纵横交错的沿断裂线、垂直节理发育的槽谷、巷谷都少有长流水，呈临时溪流或沼泽湿地。境内有十几个小型库塘，其中面积 20 hm² 以上的有位于巴寨与燕岩之间的东坑水库、长老峰西侧的翔龙湖、巴寨与观音山之间的上洞水库、白寨顶东南侧的黄公陂水库、两头寨东侧的暖坑水库、狮脑山西侧的塘肚山水库等。

1.4 丹霞山生物多样性

1.4.1 植物

丹霞山作为一种特殊地貌类型，一方面有着与其他亚热带地区相似的植物区系成分；另一方面丹霞山也孕育着其独特的植物种质资源。

根据野外调查和文献资料查证表明，广东丹霞山野生维管植物约有 1706 种，隶属于 206 科 778 属；其中，蕨类植物 37 科 70 属 139 种，裸子植物 6 科 8 属 10 种，被子植物 163 科 700 属 1557 种；另有栽培植物 210 种，隶属于 69 科 165 属，其中，裸子植物 5 科 7 属 8 种，被子植物 64 科 158 属 202 种。即丹霞山全部维管植物共 216 科 891 属 1916 种；另有苔藓植物 37 科 70 属 170 种，即全部高等植物 253 科 961 属 2086 种。

1.4.2 动物

根据野外调查和文献资料查证，广东省丹霞山自然保护区有动物资源共 50 目 283 科 1467 种。其中，丹霞山已知昆虫 16 目 176 科 783 属 1046 种；鱼类 100 种或亚种，隶属于 6 目 20 科 70 属；哺乳动物 88 种，隶属于 7 目 24 科 58 属；两栖纲动物 1 目 6 科 23 种；爬行纲动物 3 目（亚目）13 科 49 种；鸟纲 17 目 44 科 161 种。

1.5 生态系统多样性及其演替特征

1.5.1 生态系统多样性

丹霞山具有非常丰富的生态系统多样性，调查结果表明丹霞山生态系统类型有 42 类，其中，自然生态系统 11 类，人工生态系统 14 类，复合生态系统 17 类（陈宝明等，2008）。另外，丹霞地貌区小尺度范围内高度多样化的生态系统普遍存在。可见，丹霞地貌具有生态系统复杂化和高度复合化特性。

1.5.2 演替特征

丹霞地貌存在着完整的原生演替与次生演替系列。典型丹霞地貌的山顶为原生演替的矮灌木林和乔木林，周围斜坡仍然受季节性降水侵蚀、风化、重力崩塌等作用，原生演替不断从裸露的岩石开始，故

形成原生演替早期的苔藓、草本群落,随着岩石的进一步风化和苔藓、地衣等植物的作用,土壤层增厚,将原生演替继续往前推进。特殊的地质地貌过程使岩石不断有新的崩塌,从裸露的岩石开始新的原生演替,形成不同时间系列的原生演替阶段。丹霞地貌也存在着完整的次生演替系列,同时存在演替先锋林、演替过渡林和演替基本稳定林(侯玉平等,2008)。这两个演替系列提供了一个非常难得的理想场所,使得生态学工作者在一个地点就可以观察到一个完整的植被演替系列。可为该区域植被的保护、管理、利用、恢复提供重要的指导。

1.5.3 地貌生态特征

丹霞地貌的特殊沟谷效应体现在以下两个方面(彭少麟等,2008):第一是丹霞地貌演变过程中形成了众多石峰隆起和沟谷凹陷,特殊的地貌环境使得沟谷中的生态因子与其他非丹霞地貌开阔区域产生差异,小气候相对封闭,水湿条件极好,为喜高温高湿的热带物种提供了较好的生存环境;沟谷所处位置的地理环境,如四周崖壁的光滑程度会影响到太阳光反射到沟谷的光强,这些都会对沟谷中的温湿度产生影响。第二是丹霞地貌的特殊的生态条件,为沟谷地带孕育出一批热带性较强的分类群提供了可能,与相近纬度的诸多植被相比,丹霞地貌植物区系热带性明显增强,热带分布区类型所占比例比同纬度区域要大10%以上,大多数沟谷中热带性物种分布比较明显,藤本分布较多,蕨类植物也较丰富,耐水湿的植物区系发育良好;这实际上造成了植物水平分布上的移位,使中亚热带区域中分布有南亚热带甚至热带区域的物种,出现了由于其特殊的沟谷地貌效应而形成的与其地貌条件保持协调和平衡的演替顶级群落类型,称为地貌顶级群落。

丹霞地貌山顶生态效应现象表现在山顶的平均温度高于山脚沟谷,平均湿度小于山脚沟谷,群落物种数和物种多样性均小于山脚沟谷。相比山顶而言,山脚沟谷的植物有很强的热带性。这些特征都有别于一般非丹霞地貌山地。另外,在山顶和山脚调查的几个种群在叶面积、比叶面积、树皮、枝下高和冠幅等方面,均出现了生态型的差异(吴瑾等,2008)。这种丹霞地貌山顶效应对生态型研究、岛屿理论研究和适应性进化研究具有重要的科学意义。

参考文献

- 陈宝明,李静,彭少麟,等. 2008. 中国南方丹霞地貌区植物群落与生态系统类型多样性初探. 生态环境, 17 (3): 1058-1062.
- 侯玉平,彭少麟,李富荣,等. 2008. 论丹霞地貌区生态演替特征及其科学价值. 生态学报, 28 (7): 3384-3389.
- 彭少麟,李富荣,周婷,等. 2008. 丹霞地貌沟谷生态效应. 生态学报, 28 (7): 2947-2953.
- 吴瑾,彭少麟,林真光,等. 2008. 丹霞地貌山顶生态效应. 生态学报, 28 (7): 3390-3400.
- <http://travel.sina.com.cn/china/2009-02-20/173163716.shtml>

第2章 丹霞山地质地貌及土壤特征

本章提要：丹霞山景区出露的地层主要为白垩系的长坝组和丹霞组。其中，下部的长坝组岩性以紫红色粉砂岩和泥质岩为主，上部的丹霞组岩性较为复杂，主要有紫红色砂岩、粉砂岩、砂砾岩夹砾岩。上述岩性为该区主要成土母岩，区内土壤吸湿水平均含量为 26.65 g/kg，自然含水量为 103.68 g/kg，毛管持水量为 277.12 g/kg。土壤容重为 0.89~1.44 g/cm³，平均为 1.22 g/cm³，0~20 cm 土层容重 (1.12 g/cm³) 显著低于 20~40 cm (1.26 g/cm³) 和 40~60 cm (1.28 g/cm³)。土壤总孔隙度为 44.74%~66.35%，平均为 53.71%；毛管孔隙度为 20.86%~42.43%，平均为 33.39%；非毛管孔隙度为 10.21%~45.49%，平均为 20.32%，土壤孔隙度较大，毛管孔隙与非毛管孔隙比例较合理，蓄水通气性能好。土壤质地均为壤质，其中，轻壤土和砂壤土各占 36.8%，中壤土占 26.4%。土壤 pH (H₂O) 为 4.15~5.18，平均为 4.47，pH (KCl) 为 3.46~3.92，平均为 3.70，土壤全部呈酸性反应，其中，强酸性土壤占 63.2%，酸性土壤占 36.8%。土壤有机质含量为 8.59~62.05 g/kg，平均为 27.73 g/kg，属于三级水平，随着土层加深含量显著下降。土壤全氮含量为 0.36~2.53 g/kg，平均为 1.13 g/kg，也属三级水平；碱解氮含量为 10.39~134.47 mg/kg，平均为 54.43 mg/kg，随土层加深呈显著下降趋势。不同土壤速效磷含量差异较大，最低为 0.21 mg/kg，最高达 25.06 mg/kg，平均为 3.14 mg/kg，属极低水平。土壤速效钾含量为 10.77~166.55 mg/kg，平均为 49.14 mg/kg。采用修正的内梅罗 (Nemoro) 综合指数法对风景区土壤肥力进行定量综合评价，结果显示风景区内 63.2% 的土壤样品肥力水平为“贫瘠”，36.8% 的土壤肥力水平为“一般”，未见“肥沃”的土壤。土壤平均肥力系数为 0.736，属“贫瘠”水平。土壤综合肥力水平低的主要原因包括土壤速效磷和速效钾含量低以及土壤呈酸性至强酸性反应。

2.1 地质地貌特征

丹霞山景区位于丹霞盆地内，景区出露的地层主要为白垩系的长坝组和丹霞组 (广东省地质矿产局, 1988; 1996; 彭华, 2004)。其中，下部的长坝组为一套湖泊相红色碎屑岩建造，岩性以紫红色粉砂岩和泥质岩为主。上部的丹霞组为一套河流相为主夹有洪水堆积的红色碎屑岩建造，岩性较为复杂，主要有紫红色砂岩、粉砂岩、砂砾岩夹砾岩，砾岩中的砾石成分非常复杂，有砂岩，还有灰岩，其中灰岩中常含晚古生代的虫筴类化石。此外，在景区周边还出露有震旦系、寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系和侏罗系。

从上述地层发育特征分析，丹霞山地区经历了以下 3 个主要发展阶段 (广东省地质矿产局, 1988)。

(1) 震旦纪—奥陶纪发展阶段。震旦纪—奥陶纪该区为地槽发展阶段，为华南地槽系的一部分，沉积了震旦系、寒武系和奥陶系。早古生代末期，席卷华南的加里东运动造成空前规模的褶皱、断裂、岩浆作用、区域变质作用和成矿作用，导致该区震旦纪、寒武纪和奥陶纪沉积的地层褶皱回返上升成山系，形成了北西向和南北向的构造带。

(2) 泥盆纪—晚三叠世发展阶段。泥盆纪—晚三叠世该区为准地台发展阶段。中、晚泥盆世，该区遭受海侵，大部分被海水淹没，晚泥盆世早期是海侵的高潮时期，晚泥盆世末发生海退。石炭纪时该区地壳缓慢下降，成为滨海沼泽环境，接受了一套含煤碎屑岩沉积，即测水煤系，其中含有植物化石，说明当时气候温暖，植物繁茂。

(3) 中、新生代发展阶段。中、新生代该区进入内陆湖泊沉积阶段。侏罗纪—白垩纪，该区受燕山运动影响，盆地外围的山地强烈隆升，同时发育了北东向和东西向断裂，并控制了构造盆地的发育，成为丹霞盆地发育的基础，盆地内沉积了长坝组和丹霞组红色岩系。新生代开始的喜马拉雅运动对该区的影响主要表现为上升运动，导致盆地内沉积的长坝组和丹霞组红色岩系大面积抬升成为山系。然后该区山地进入大面积遭受侵蚀、切割和剥蚀的阶段，由于长坝组和丹霞组红色岩系产状几近水平，经历了长期的流水作用、风化作用以及重力崩塌作用，形成了“顶平、身陡、麓缓”的典型的丹霞地貌，包括悬崖、方山、石峰、石堡、石墙、石柱和岩洞等各种丹霞地貌类型。

2.2 土壤特征

丹霞地貌闻名海内外，在地层、地貌、自然环境及生态演化等方面的研究在全国丹霞地貌区最为深入，已经成为全国乃至世界丹霞地貌的研究基地以及科普教育和教学实习基地。然而，关于丹霞山的土壤状况，却少有报道。本节在野外土壤调查和室内分析基础上，对丹霞山土壤肥力特征进行了分析研究，以期为风景区管理和评价提供科学依据。

2.2.1 土壤调查与采样及分析

1. 土壤调查与采样

在查阅相关资料和路线踏查的基础上，确定风景区内土壤调查的采样点。土壤剖面基本上设在风景区内代表性地段和典型植物群落内。在选定地点挖掘土壤剖面，深约 60 cm 或至母质层，划分剖面层次，记载剖面形态特征，调查记录附近植被和地形因子。按 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 由下而上分层采集土壤分析样品，用以测定土壤的养分含量、有机质含量、机械组成和 pH 等。然后由上往下分层用环刀取土，每层采环刀样 3 个，用于测定土壤容重、毛管持水量和孔隙度等。在采集环刀样的附近用小铝盒取土，每层采小铝盒样 3 个，用于测定土壤自然含水量。土壤调查中共挖掘剖面 7 个。各土壤剖面点的基本情况见表 2-1。

表 2-1 各采样点自然条件概况

剖面号	地点	海拔/m	植被	优势种	枯落物厚度/cm
1	长老峰软荚红豆群落	310	红豆、密花树、尾叶山茶、白桂木、铁线蕨、海金沙	红豆	3~5
2	韶石过桥岭	150	槲木、小山竹、乌药、鸭脚木、山矾、三桠苦、铁线蕨	槲木	3~4
3	韶石顶	350	槲木、乌饭树、石栗、狗骨柴、乌蕨	槲木	4~5
4	韶石山腰草甸	300	还魂草	还魂草	2~3
5	韶石马尾松群落	70	马尾松、木荷、桃金娘、乌药	马尾松	7~8
6	韶石山麓杂灌	30	枫香、木荷、鸭脚木、撑篙竹、土茯苓、芒萁	芒萁	3~5
7	望郎归山 秀丽锥群落	—	秀丽锥、黄樟、鸭脚木、三桠苦、粗糠柴、鼠刺、竹叶榕、牛酸藤	秀丽锥	3~4

2. 土壤样品分析

室内分析测定的指标主要包括吸湿水含量、自然含水量、容重、毛管持水量、质地、pH、有机质含量、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾等。其中，土壤吸湿水含量采用经典烘干法，土壤自然含水量用乙醇燃烧法，土壤容重、孔隙度、毛管持水量用环刀法，土壤质地用简易比重计法（质地分类标准采用卡庆斯基制），土壤 pH 分别用蒸馏水和中性 KCl 溶液浸提、电位法测定，土壤有机质含量采用重铬酸钾氧化-远红外加热法，全氮和碱解氮采用扩散吸收法，土壤速效磷采用 0.03 mol/L H_4F -0.1 mol/L HCl 浸提-钼蓝比色法，土壤速效钾用 1 mol/L 乙酸铵溶液浸提-火焰光度法测定（鲁如坤，2000）。

实验数据用 EXCEL 电子表格进行处理，然后用 STATISTICA 5.5 进行统计分析。

2.2.2 土壤理化性质与肥力特征

1. 土壤理化性状

1) 土壤水分状况

土壤吸湿水属于紧束缚水，不能移动，对植物生长无效。其含量主要取决于土壤的颗粒大小、有机质含量及空气相对湿度等。分析结果显示，丹霞山风景区土壤的吸湿水含量为 15.88~38.28 g/kg，平均含量 26.65 g/kg，变异系数为 29.7%（表 2-2）。

表 2-2 丹霞山风景区土壤水分状况

剖面号	地点	土层深度/cm	吸湿水/(g/kg)	自然含水量/(g/kg)	毛管持水量/(g/kg)
1	长老峰软荚红豆群落	0~20	30.15	148.10	233.91
		20~40	28.08	130.07	276.32
		40~60	27.85	131.93	275.28
2	韶石过桥岭	0~20	25.07	132.34	306.36
		20~40	24.42	114.78	338.04
		40~60	25.84	98.36	324.59
3	韶石山顶	0~20	37.66	140.81	317.94
		20~40	38.28	145.60	340.56
		40~60	32.72	143.48	386.71
4	韶石山腰草甸	0~15	16.32	—	—
5	韶石马尾松群落	0~20	18.99	66.79	214.43
		20~40	19.06	51.73	209.32
		40~60	21.83	64.65	
6	韶石山麓杂灌	0~20	37.43	—	—
		20~40	34.81	—	—
		40~60	36.56	—	—
7	望郎归山	0~20	16.30	62.87	230.29
	秀丽锥群落	20~40	15.88	59.59	213.11
		40~60	19.06	64.11	212.88
最小值			15.88	51.73	209.32
最大值			38.28	148.10	386.71
平均值			26.65	103.68	277.12
变异系数			29.7%	36.4%	21.3%

土壤自然含水量反映采样当时的土壤水分状况，其大小与天气状况和植被覆盖有关。丹霞山风景区土壤自然含水量为 51.73~148.10 g/kg，平均为 103.68 g/kg。风景区不同土壤自然含水量差异较大，变异系数达 36.4%。

毛管水是指借助毛管张力储存在土壤毛管孔隙中的水分，其值大小反映土壤的保水能力高低。土壤毛管持水量的大小与土壤质地、腐殖质含量及土壤结构状况有密切关系。有机质含量低的沙质土，大孔隙较多，毛管孔隙少，仅土粒接触处能保持一部分毛管水，所以毛管持水量很少。在结构不良、过于黏重的土壤中，孔隙细小所吸附的悬着水几乎都是膜状水。土壤沙性、黏性适当，有机质含量丰富，特别是具有良好团粒结构的土壤，其内部具有发达的毛管孔隙，可吸收大量水分，毛管持水量很大（罗汝英，1990）。丹霞山风景区土壤毛管持水量为 209.32~386.71 g/kg，平均为 277.12 g/kg，变异系数为 21.3%。

2) 土壤容重和孔隙状况

土壤容重是土壤的重要物理性质，其值大小反映土壤的松紧状况和孔隙多少，并影响植物根系在土壤中的伸展。同时，土壤的质量、水分和养分储量以及土壤改良中石灰、石膏等改良剂用量等均需通过容重求算（孙向阳，2005）。丹霞山风景区土壤容重值为 0.89~1.44 g/cm³，平均为 1.22 g/cm³，变异系数较小，仅为 13.8%。容重平均值较低，主要因为采样点人为活动相对较少，机械压实作用不明显（表 2-3）。

表 2-3 丹霞山风景区土壤容重

剖面号	地点	土层深度/cm	容重/(g/cm ³)	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%
1	长老峰软荚红豆群落	0~20	0.89	66.35	20.86	45.49
		20~40	1.16	56.09	32.15	23.94
		40~60	1.36	48.55	37.53	11.02

续表

剖面号	地点	土层深度/cm	容重/(g/cm ³)	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%
2	韶石过桥岭	0~20	1.21	54.42	37.00	17.41
		20~40	1.26	52.64	42.43	10.21
		40~60	1.26	52.52	40.84	11.68
3	韶石顶	0~20	0.92	65.95	29.23	36.72
		20~40	1.18	55.30	40.34	14.96
		40~60	1.06	59.82	41.18	18.64
5	韶石马尾松群落	0~20	1.22	53.09	26.15	26.93
		20~40	1.32	49.19	27.65	21.53
7	望郎归山 秀丽锥群落	0~20	1.38	46.94	31.77	15.18
		20~40	1.40	46.32	29.74	16.57
		40~60	1.44	44.74	30.59	14.16
最小值			0.89	44.74	20.86	10.21
最大值			1.44	66.35	42.43	45.49
平均值			1.22	53.71	33.39	20.32
变异系数			13.8%	12.5%	19.7%	50.0%

不同土层土壤容重存在一定差异。以往许多研究结果表明,随着土层加深,土壤容重逐渐增大,本次研究的结果与以往研究相似。表层土壤(0~20 cm)容重平均为1.12 g/cm³,20~40 cm和40~60 cm层土壤容重分别为1.26 g/cm³和1.28 g/cm³,表层显著低于下层,而20~40 cm和40~60 cm则无显著差异。林地表土层的容重较小,主要因为地表有枯落物层,枯落物分解转化过程中形成的腐殖质使表层土壤形成良好团粒结构,使其疏松多孔;有机质本身为疏松多孔物质,表土有机质含量较高,增加了土壤的孔隙数量;土壤动物和植物根系在表层土壤中的数量多于下层土壤中的,这些物质均有利于增加土壤孔隙,减小土壤容重。

土体是由固体土壤颗粒和粒间孔隙组成,孔隙是容纳水分和空气的重要场所。土壤中的孔隙容积越多,水分和空气的容量就越大。通常用土壤(总)孔隙度来衡量孔隙的数量,用毛管孔隙度、非毛管孔隙度和通气孔隙度等来衡量不同大小孔隙的比例。土壤孔隙度的大小,与土壤结构、质地、有机质含量及土壤排列松紧状况有关。质地越细,孔隙数量越多,孔隙度越大;质地越粗,孔隙度越小(孙向阳,2005;曾曙才等,2007)。一般来说,总孔隙度在50%左右或稍大而其中非毛管孔隙度占1/5~2/5时,对绝大多数植物生长有利(罗汝英,1990)。丹霞山风景区土壤总孔隙度为44.74%~66.35%,平均为53.71%,变异系数较小,仅为12.5%。这表明土壤孔隙数量比较理想,有利于植物生长发育。土壤毛管孔隙度为20.86%~42.43%,平均为33.39%;非毛管孔隙度为10.21%~45.49%,平均为20.32%。以上数据表明,丹霞山风景区土壤总孔隙度较大,毛管孔隙与非毛管孔隙比例比较合理,土壤通气、保水能力总体上比较协调,蓄水和通气性能好,有利于降水的入渗和在土壤中的再分布,有利于土壤水分储存。

不同土层土壤孔隙状况有显著差异。表层土壤总孔隙度为57.35%,显著高于下层。20~40 cm和40~60 cm土层总孔隙度分别为51.91%和51.41%,两者无显著差异。这种变化规律与土壤容重是一致的。表层土壤毛管孔隙度为29.00%,显著低于20~40 cm(34.46%)和40~60 cm(37.54%),即随着土层加深,毛管孔隙度增加。非毛管孔隙度的变化规律与毛管孔隙度刚好相反。0~20 cm层通气孔隙度为28.35%,显著高于下层土壤。20~40 cm和40~60 cm土层的非毛管孔隙度分别为17.44%和13.88%,两者差异显著。

3) 土壤质地

土壤质地是土壤最重要的物理性质之一,受成土母质、气候、地形、地表植被及人类活动等因素影响。质地对土壤的水、肥、气、热等肥力性质和土壤耕性有重要影响。丹霞山风景区土壤均为壤质土,其中,轻壤土和砂壤土各占样品总数的36.8%,中壤土占26.4%(图2-1)。这种较轻的质地与土壤母质为砂岩有关。不过,丹霞山风景区土壤质地总体上比较理想,有利于植物生长和养分转化。

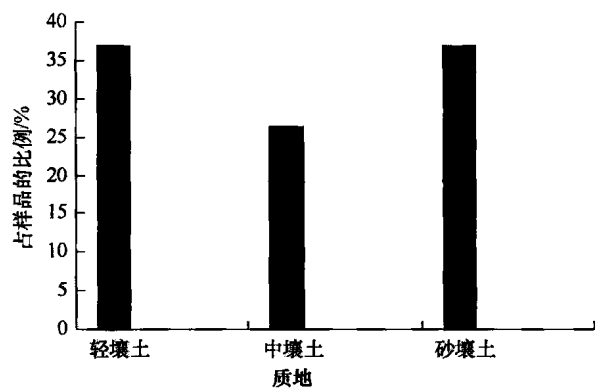


图 2-1 丹霞山风景区土壤质地类型分布频率

4) 土壤酸碱性

土壤酸碱性是土壤重要的化学性质，直接影响到土壤中养分元素的存在形态和植物有效性，也影响到土壤中微生物的数量、组成和活性，从而影响到土壤中物质的转化。土壤酸碱性通常也是植物生长、分布的限制因子，各种植物对土壤酸碱反应是不同的，大多数植物都不能在 pH 低于 3.5 和高于 9.0 的情况下生长。根据全国土壤普查办公室（1998）的标准，我国土壤的酸碱度分为 5 级：强酸性（pH<4.5）、酸性（pH4.5~5.5）、弱酸性（pH5.5~6.5）、中性（pH6.5~7.5）和碱性（pH>7.5）。

丹霞山风景区土壤 pH（H₂O）为 4.15~5.18，平均为 4.47，变异系数为 6.5%；pH（KCl）为 3.46~3.92，平均为 3.70，变异系数为 4.2%（表 2-4）。pH（H₂O）和 pH（KCl）存在显著相关关系，相关系数为 0.78（*p*<0.05）。根据土壤酸碱性分级标准，丹霞山风景区土壤全部呈酸性反应，其中，强酸性土壤（pH<4.5）所占比例为 63.2%，酸性土壤（pH4.5~5.5）所占比例为 36.8%。

表 2-4 丹霞山风景区土壤酸碱性 and 主要养分含量

剖面号	地点	土层深度/cm	pH		有机质 /(g/kg)	全氮 /(g/kg)	碱解氮 /(mg/kg)	速效磷 /(mg/kg)	速效钾 /(mg/kg)
			H ₂ O	KCl					
1	长老峰软荚红	0~20	4.28	3.56	62.05	1.60	94.78	2.88	41.67
	豆群落	20~40	4.26	3.66	22.68	0.36	33.61	1.49	21.01
		40~60	4.19	3.55	12.70	0.62	36.76	0.21	21.01
2	韶石过	0~20	5.02	3.88	49.86	2.10	98.47	2.34	72.24
	桥岭	20~40	4.35	3.63	18.34	0.87	64.98	1.22	20.94
		40~60	4.37	3.82	11.25	0.89	10.39	2.02	20.97
3	韶石山顶	0~20	4.15	3.46	45.82	2.53	134.47	4.90	62.74
		20~40	4.22	3.54	27.51	1.38	111.34	2.21	21.22
		40~60	4.15	3.46	15.15	0.80	70.34	0.96	10.77
4	韶石山腰草甸	0~15	5.18	3.90	49.56	2.40	57.86	25.06	30.94
5	韶石马	0~20	4.50	3.71	27.10	0.81	65.14	2.01	51.42
	尾松群落	20~40	4.61	3.92	16.76	0.68	31.82	1.74	41.22
		40~60	4.36	3.89	8.98	0.64	13.71	1.59	51.56
6	韶石山	0~20	4.28	3.50	27.36	0.91	32.40	1.99	166.55
	麓杂灌	20~40	4.42	3.64	11.66	0.73	21.90	0.75	62.57
		40~60	4.47	3.68	8.59	1.52	22.81	0.75	52.31
7	望郎归山	0~20	4.81	3.82	28.75	0.98	36.56	3.74	81.79
	秀丽锥群落	20~40	4.68	3.80	16.47	0.65	43.15	2.10	51.26
		40~60	4.68	3.79	9.24	0.95	53.75	1.79	51.42
最小值			4.15	3.46	8.59	0.36	10.39	0.21	10.77
最大值			5.18	3.92	62.05	2.53	134.47	25.06	166.55
平均值			4.47	3.70	24.73	1.13	54.43	3.14	49.14
变异系数			6.5%	4.2%	64.9%	55.6%	63.6%	172.2%	70.6%

不同土层土壤酸度虽然在统计上差异不显著，但仍呈现出一定的变化规律，总体趋势是活性酸度随土层加深而增强，交换性酸度则随土层加深呈减弱趋势。0~20 cm 的活性酸度值为 4.51，20~40 cm 层为 4.42，40~60 cm 层为 4.37。交换性酸度表层土壤强于 20~40 cm 和 40~60 cm 层。这种变化规律与以往研究结果相似（曾曙才等，2002）。