

武夷山丹霞地貌

黄 进◎著



科学出版社

www.sciencep.com

武夷山丹霞地貌

黄 进 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

当您走进国家级风景名胜区、世界自然文化遗产地——福建武夷山，映入眼帘的是这里的碧水丹山、“奇秀甲东南”的绚丽美景，令人如痴如梦，流连忘返。

本书是地貌学家、丹霞地貌系统研究的开拓者和奠基人、“当代徐霞客”称号获得者、中山大学黄进教授长期研究丹霞地貌的代表作之一。作者运用地质、地理和地貌学理论，采用定性定量相结合、新技术与新方法相结合的研究手段，阐述了武夷山的研究历史、地质基础、地貌形成的内外营力及其所形成的丹霞地貌，并分区论述了武夷山地貌成因与景点，给出了武夷山地貌发育历史及定量测算武夷山地貌发育的方法和公式。

本书内容丰富、翔实，图文并茂，既是图书，也是画册，是人们了解自然、融入自然、开阔视野、增长科学知识的良师益友，也可供地学工作者阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

武夷山丹霞地貌/黄进著. —北京: 科学出版社, 2010.12
ISBN 978-7-03-029223-0

I. ①武… II. ①黄… III. ①武夷山—红层—地貌学—研究 IV. ①P942.57

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第199188号

责任编辑: 朱海燕 吴三保 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计室 / 排版制作: 文思莱

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

*

2010年12月第 一 版 开本: A5 (880 × 1230)

2010年12月第一次印刷 印张: 5

印数: 1—2 500 字数: 130 000

定价: 59.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



黄进，男，中山大学地理科学与规划学院享受厅级政治生活待遇的离休教授，曾用名李见贤。1927年8月出生于广东省丰顺县北斗镇下溪村。1952年毕业于中山大学地理系，同年留校任教至今。曾任中山大学地理系主任，中国地理学会地貌专业委员会副主任、旅游地貌组组长，广东省地理学会理事及地貌专业委员会主任，广东省土地学会副理事长，丹霞地貌旅游开发研究会理事长及终身名誉理事长，广东省1:50万地貌图主编，中国1:100万地貌图编委、学术秘书及粤、桂、湘片片长。长期从事地貌学和河流动力学的教学及科学研究工作，对地貌制图、地貌坡面发育、地貌分类、河床沙波运动及其推移率测验和推移量计算、丹霞地貌和气压测高仪等方面进行了较系统的研究。改进了国际通用的沙波推移率计算公式。1956年设计出立体绘图仪，被评为全国先进生产者。研制的丹霞牌气压测高仪测高误差小于0.5米。截至2008年11月5日，对我国已发现的790处丹霞地貌的784处作了实地考察，对流水作用、崩塌作用、风化作用、喀斯特作用及低等植物作用所形成的丹霞地貌都作了较系统的研究，并创建了地壳上升速率、地貌年龄、岩壁后退速率和侵蚀速率四条定量测算地貌发育的公式，是全面系统研究中国丹霞地貌的一位学者。2006年5月荣获“首届中国十大当代徐霞客”称号。

前

言

P r e f a c e

武夷山是一座丹霞地貌名山，是国家级重点风景名胜区、世界自然文化遗产地、中国5A级风景旅游区、全国闻名风景旅游区、全国行风优良景区、全国闻名单位。

一处风景名胜区，能得到如此多的殊荣，在国内风景名胜区中实为罕见。

作者自1979年8月以来，已先后7次到武夷山考察，历时达75天。现将考察所得，并吸取其他学者的一些研究成果，在武夷山风景名胜名称区管理委员会的有力支持下，写成此书，了却了作者的一个心愿。

关于丹霞地貌的定义学界尚未取得一致共识。其含义目前有以下三种意见：①以陈安泽为代表的认为，有陡崖的与丹霞山地貌相同，由中、上白垩统陆相红层形成的地貌，才称为丹霞地貌。其他陆相红层所形成的有陡崖的地貌皆不能称为丹霞地貌，应创立新的地貌类型名称来称呼。②以黄进、陈致均、彭华为代表，其中黄进、陈致均认为，有陡崖的陆相红层地貌称为丹霞地貌；彭华认为“以陡崖坡为特征的陆相红层地貌称为丹霞地貌”。两者含义基本相同。③以刘尚仁为代表的认为，有陡崖的红色沉积岩地貌都是丹霞地貌，不论海相红层还是陆相红层形成的有陡崖的地貌都是丹霞地貌。其他还有一些学者所下的定义，在此从略。

本书对武夷山盆地的研究历史、武夷山丹霞地貌形成的地质基础与内外力作用及其所形成的各类型地貌作了研究和论述。书中把

武夷山丹霞地貌分为为溪南壮年幼年丹霞地貌区、溪北壮年幼年丹霞地貌区、邓家山—下回老年丹霞地貌及河流阶地区、百花岩壮年晚期丹霞地貌区四个地貌区，并对各区作了较详细的论述，包括区域位置、地质、地貌、长度、宽度、面积，以及旅游景观等。对武夷山红盆地东缘梅溪村东北侧第二级河流阶地河床相砂卵石层底部，按黄进最近在武夷山研究丹霞地貌时改进的地壳上升速率新公式的要求进行了采样，测量了该级阶地的上升幅度。经热释光及光释光分析出样品年龄后，用黄进改进了的地上壳升速率新公式，计算出武夷山区的地壳上升速率为0.897米/万年。再用黄进地貌年龄计算公式算出武夷山最高峰三仰峰（729.2米）的年龄为606.1万年，这一年龄也就是武夷山丹霞地貌的年龄。书中采用定性与定量相结合、新技术与新方法相结合的手段方法，对武夷山丹霞地貌进行了较全面、系统的研究与分析，既是一部学术著作，也是一本科学普及图书，填补了武夷山丹霞地貌全面、系统研究的空白。

武夷山丹霞地貌的面积不算很大（61.33平方公里），但也不算小，其地质、地貌内涵丰富多彩，几乎每次考察都有新的收获。撰写此书时，作者对三仰峰、莲台、刘官寨等地未能作补充考察，对双乳峰、赤霞岩、靠背岩等地只是遥望，也未能亲临实地考察。所以，本书内容难免挂一漏万，错漏之处，恳请专家学者及广大读者指正为盼！

黄 进

2010年8月于中山大学

前言

1 武夷山丹霞地貌简况及研究概述	1
2 武夷山丹霞地貌形成的地质基础	8
2.1 岩性	8
2.2 地质构造	10
2.2.1 岩层倾斜对丹霞地貌发育的控制作用	10
2.2.2 断裂及节理对丹霞地貌发育的控制作用	12
3 武夷山丹霞地貌形成的内、外力作用	14
3.1 武夷山丹霞地貌形成的内力作用	14
3.1.1 550米夷平面	14
3.1.2 450米夷平面	14
3.1.3 350米夷平面	15
3.1.4 河流阶地	15
3.2 武夷山丹霞地貌形成的外力作用	16
3.2.1 流水作用形成的丹霞地貌	16
1. 九曲溪深切曲流	16
2. 丹霞群山	30
3. 峡谷与巷谷	32
4. 一线天及穿洞	34
5. 水蚀平行小沟	35
6. 壶穴与圆潭	38
7. 瀑布	43
3.2.2 崩塌作用形成的丹霞地貌	47

1. 赤壁丹崖	47
2. 岩堡	49
3. 岩墙	49
4. 岩柱	50
5. 岩峰	50
6. 石门	50
7. 崩积岩堆及崩积缓坡	50
8. 崩积岩块	51
9. 崩积洞穴	51
3.2.3 风化作用形成的丹霞地貌	52
1. 凹片状风化剥落形成的丹霞地貌	53
2. 凸片状风化剥落形成的丹霞地貌	55
3.2.4 低等植物对丹霞地貌发育的作用	57
1. 温差风化	57
2. 结皮风化	57
3. 丹崖颜色更为丰富多彩	58
4 武夷山丹霞地貌的分区	63
4.1 溪南壮年幼年丹霞地貌区	63
4.1.1 本区范围	63
4.1.2 地貌成因和景点	63
4.2 溪北壮年幼年丹霞地貌区	78
4.2.1 本区范围	78
4.2.2 地貌成因和景点	80
4.3 邓家山-下回老年丹霞地貌及河流阶地区	122
4.3.1 本区范围	122
4.3.2 地貌成因和景点	122
4.4 百花岩壮年晚期丹霞地貌区	125
4.4.1 本区范围	125
4.4.2 地貌成因和景点	127

5 武夷山地貌发育简史及地貌发育定量测算	134
5.1 武夷山地貌发育简史	134
5.2 武夷山地貌发育几个问题的定量测算	137
5.2.1 武夷山地壳上升速率的定量测算	137
5.2.2 武夷山地貌年龄的定量测算	141
5.2.3 武夷山岩壁后退速率的定量测算	144
5.2.4 武夷山侵蚀速率的定量测算	145
参考文献	147
后记	148

1 武夷山丹霞地貌简况及研究概述

武夷山是一座丹霞地貌名山，是国家级重点风景名胜区，是世界自然文化遗产地。

武夷山丹霞地貌区位于武夷山市西侧及南南西一带，呈北北东—南南西走向，北起百花岩（360.8米）北缘，南至乌龟山（368.3米）南麓，东起饭罩岩（乳头山）（352.8米）东缘，西抵白云岩（424.4米）西南麓的后溪（图1.1）。地理坐标为北纬 $27^{\circ}36'13''\sim 27^{\circ}46'05''$ ，东经 $117^{\circ}55'08''\sim 118^{\circ}01'04''$ 。南北长18.5公里，东西宽1~5公里，平均宽3.32公里。面积61.33平方公里。其中丹霞地貌面积54.44平方公里，占88.76%；红岩丘陵2.77平方公里，占4.52%；老年期丹霞地貌（红岩台地）及以红岩为基座的河流阶地4.12平方公里，占6.72%。

1972年福建省区域地质测量队第七一三队、七一四队在填制中华人民共和国地质图浦城幅时，把形成武夷山丹霞地貌的紫红色厚—巨厚层砾岩、砂砾岩命名为赤石群，其地层定为下第三系（Ech）。赤石群下伏的与其作整合或假整合接触的紫红色薄—巨厚层状粉砂岩夹凝灰质砂岩、砂砾岩，中下部夹凝灰岩，上部含石膏团块的沙县组地层定为白垩系上统（ K_2s ）^[1]。

1973年，福建省区域地质测量队、地质资料综合研究室在填制中华人民共和国地质图光泽幅时，把上述赤石群的地层改为白垩系上统（ K_2ch ）；把沙县组的地层改为白垩系下统（ K_1s ）^[2]。

1982年中华人民共和国工程地质图浦城幅、光泽幅及中华人民共和国综合水文地质图浦城幅、光泽幅又把赤石群的地层改为白垩系上统至下第三系（ K_2-Ech ）^[3]。沙县组的地层仍为白垩系下统

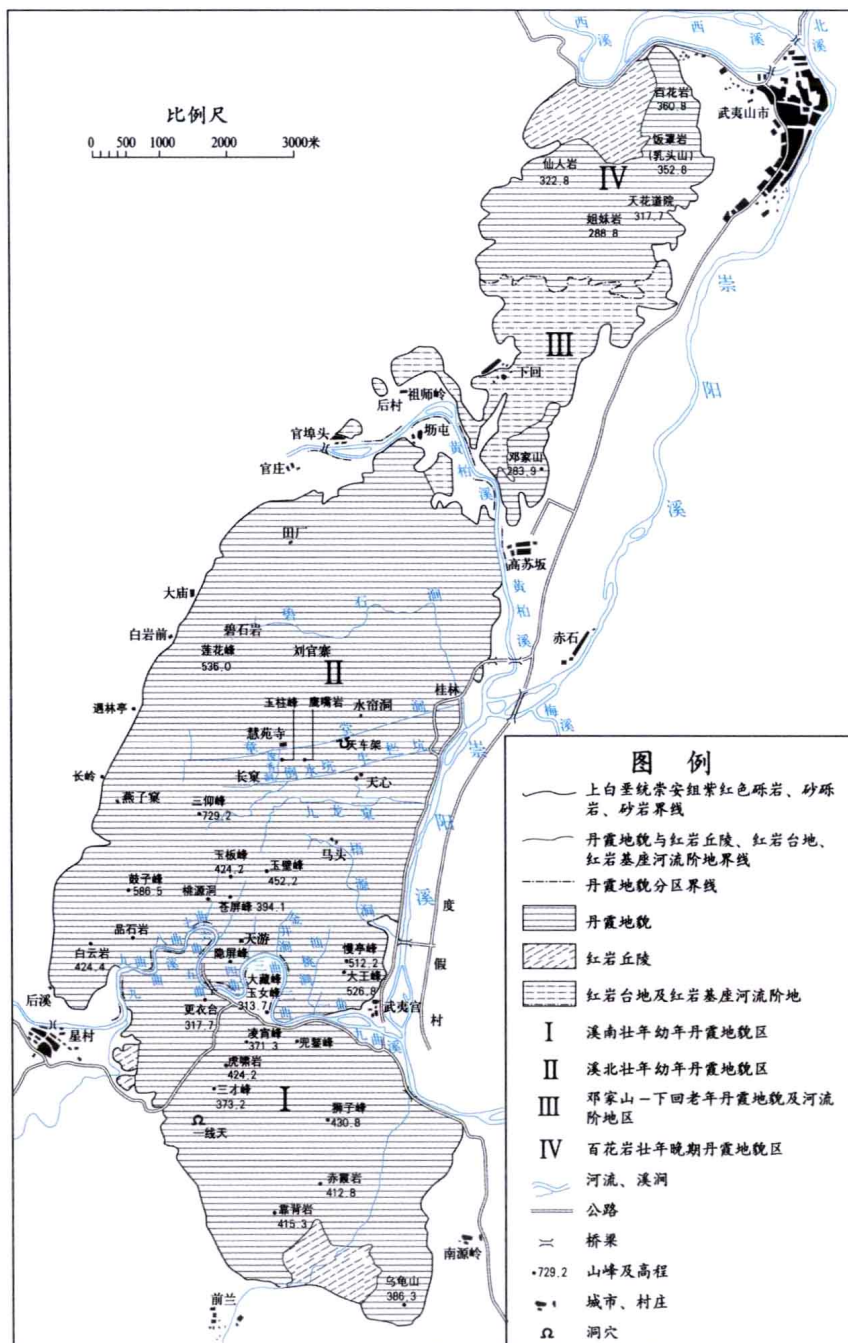


图1.1 武夷山丹霞地貌分布图

(K_1s)。

据1998年5月黄泉祯等编著的1:50万中华人民共和国福建省地质图说明书,认为赤石群(Kc)中的沙县组(Ks)的时代为早白垩世晚期至晚白垩世早期。崇安组(Kc) (即上述的赤石群 K_2ch —作者注)其时代大致为晚白垩世早中期^[4]。由上述研究及参考广东丹霞山红层最近研究成果,把形成武夷山丹霞地貌的地层崇安组的地层定为白垩系上统(K_2c),其下伏地层沙县组的地层定为白垩系下统(K_1s)基本上是可以的。上述地质图件及其说明书所提供的岩性、构造、工程地质力学数据、水文地质资料等都为研究武夷山丹霞地貌打下了良好基础。

作者在1979年8月17~28日第一次到武夷山考察,基本考察了水帘洞以南的武夷山区,间中曾有王公经同志带作者考察,对该山向西或向北西西倾斜的红色砂砾岩层构成的单斜丹霞地貌,对沿多组不同走向的近垂直节理、断层所形成的山地、谷地,对九曲溪深切内生曲流,对接笋峰、苍屏峰由崩塌形成的陡崖及崩积地貌,对晒布岩岩壁上的水蚀平行小沟等地貌都留下深刻的印象^[5]。

1981~1982年间,南京大学地理系刘振中、雍万里、彭补拙、史运良、曹豪、吴评生、倪绍祥、任黎秀,生物系赵儒林、洪必恭等,在福建省城建局、武夷山管理局支持下,对武夷山风景区的旅游资源进行了综合考察。在考察的基础上,雍万里编写了《碧水丹山话武夷》和《武夷山水》^[6,7],刘振中写了《武夷山的形成与地貌发育特征》一文^[8]。前两者除对武夷山丹霞地貌的形成、特征作了论述之外,还对该山的气候、水文、水质、植被、土壤等自然地理条件作了论述,还把武夷山分为武夷宫—大王峰、一线天—虎啸岩、茶洞—天游、桃源洞—三仰峰、水帘洞—流香涧、九曲溪、碧石岩等七个景区,并分别进行了论述。后者对武夷山丹霞地貌的形成、发育、构造特征、地貌类型作了论述。这些论著是研究武夷山丹霞

地貌必须要阅读、参考的文献。

作者第二次到武夷山考察，是在1988年11月11日午，由江西上饶抵达武夷宫。下午再到玉女峰、云窝、桃源洞考察。12日，由武夷宫乘一机动三轮车抵水帘洞下公路尽头处，登水帘洞考察，再步行经慧苑、流香涧、大红袍、九龙窠、马头、天游、茶洞，继沿九曲溪左岸，经七曲、八曲、九曲至星村，再乘一机动三轮车回武夷宫。这次考察在马头村附近见到悟源涧上游河床甚为平缓，在天游北北东至玉壁峰一带的谷底也很平缓，应是450米夷平面的留存部分。

作者第三次到武夷山考察，是在1993年4月13~16日，在武夷山召开第二届丹霞地貌旅游开发学术讨论会期间，由会议组织乘竹筏考察九曲溪深切曲流，考察云窝接笋峰一带的崩落地貌，也考察了由减压节理形成的一线天及一线天下部南侧主要由流水侵蚀及风化作用形成的三座穿洞。

1998年6月，武夷山为了申报世界自然文化遗产，由世界自然文化遗产武夷山编辑委员会（主编曹南燕）编写了《世界遗产公约自然文化遗产武夷山》一书。该书对武夷山地质地貌概况及其发育史作了简要的论述，把武夷山的大王峰、三仰峰、虎啸岩、鹰嘴岩等27座峰、岩，把水光石、寿桃石、灵岩洞等30处怪石奇洞，把流香涧、牛栏坑、九龙窠等幽谷，把云窝、茶洞、一线天等地貌奇观皆写进书中，并逐一作了简要说明。该书还把武夷山植物物种和遗传多样性、古树名木、植被类型、野生动物、文化遗存、宗教文化、茶文化、摩崖、碑刻、古建筑、遗址、文物和管理、保护法规等内容皆较详细写进书中，而且还有地图6幅、照片124幅，是一部全面系统、内容翔实丰富的武夷山申报世界自然文化遗产的申报书，很值得学习参考^[9]。

1998年，武夷山为了申报世界自然文化遗产，邀请作者于该年12月2~14日再次到武夷山考察。在武夷山风景名胜区管理委员会郑

宝润、俞建安、黎鹏飞等同志带领下，考察了武夷山东南缘的乌龟山及南缘的赤霞岩及靠背岩南麓，考察了武夷山西南缘前兰至星村一带，也考察了西缘的白云岩、五里亭、长岭、遇林亭、白岩前、大庙、官庄一带。还考察了武夷山北部的邓家山、祖师岭、下回、葫芦山、姐妹岩、天花岩道观、仙人岩、百花岩等地。对武夷山溪南的虎啸岩、一线天、溅珠嶽，对武夷山溪北的水帘洞、流香涧、九龙窠、碧石岩、刘官寨等地也作了补充考察。还在官庄的黄柏溪第一级阶地、岩下洲的黄柏溪第二级阶地、度假村崇阳溪的二、三级阶地、梅溪村东北侧的崇阳溪及梅溪的第二级阶地等阶地的古冲积层中采热释光测年样品及用黄进制造的丹霞牌测高仪测量阶地的上升幅度。样品由中山大学地质系梁致荣教授分析出年龄后，据黄进当时的地壳上升速率计算公式及地貌年龄计算公式，算出武夷山三仰峰的年龄为480万年。但因当时的黄进地壳上升速率公式未考虑到采样那一级阶地的地壳安定历时，以致当时计算的地壳上升速率偏大，使三仰峰的年龄偏小。该次考察后，作者写了《武夷山丹霞地貌研究》一文^[10]，较全面系统地论述了武夷山丹霞地貌，作为武夷山申报世界自然遗产的一篇基础材料。

1999年12月1日，武夷山申报世界自然文化双遗产获得成功！

2001年4月11~14日，作者应邀参加了在武夷山召开的第二次中国世界遗产地工作会议。由会议主办方组织再次乘竹筏考察了武夷山九曲溪丹霞地貌及乘车到大武夷山主峰的黄岗山考察。黄岗山海拔2157米，由花岗岩及一些玄武岩构成。该山的植被垂直分带十分典型，山顶为典型草甸。这是作者第五次到武夷山考察。

2003年10月12~27日，武夷山风景名胜区管理委员会邀请中山大学刘尚仁教授到武夷山考察，在俞建安、谢小明等同志陪同下，不但考察了九曲溪南北的丹霞地貌，而且还考察了由花岗岩、火山岩、砂页岩、变质岩和红层等组成的山地、丘陵、台地及剥蚀夷平

面，对河流阶地也作了考察^[1]。

2009年11月间，作者收到2009年12月5日参加“武夷山景区建制三十周年纪念大会”的邀请函。于该年12月3日由广州乘飞机到武夷山，准备参加这一盛典。当日作者即向武夷山景区有关领导反映，愿为武夷山写《武夷山丹霞地貌》一书。作者的这一愿望，立即得到武夷山风景名胜区管理委员会有关领导同意，并由景区管理委员会纪工委书记杨上跃同志主管此事。翌日，杨上跃书记亲自带作者乘车到崇阳溪东岸、黄柏溪南岸、九曲溪南岸等地找寻河流阶地古冲积层的热释光及光释光测年样品的采样点。发现度假村一带的崇阳溪东岸阶地，皆被破坏，已不能采样。最后，确定梅溪村东北侧的阶地可作为上述测年样品的采样点。

2009年12月5日上午10时，在武夷山庄大王阁会议厅举行“武夷山景区建制三十周年纪念大会”，在会有王凤武、曹南燕和黄进等十数人被授予“武夷山风景名胜区建设发展特别贡献奖”，并领取荣誉证书。该日下午2时，由会议主办方组织乘车前往星村乘竹筏顺流而下，再一次考察了武夷山九曲溪深切曲流的丹霞地貌。翌日（12月6日），杨上跃书记又亲自带作者到云窝一带考察接笋峰下的巨大崩积岩块及崩积洞穴、茶洞四周受北北东走向的近垂直节理控制的丹崖赤壁及雪花泉瀑布、桃源洞口九曲溪左岸的大型弧状减压节理、晒布岩的水蚀平行小沟、云窝北侧九曲溪左岸岩石河漫滩上及岩石河床上的壶穴群等奇特的丹霞地貌，皆给作者留下深刻的印象。为了写好《武夷山丹霞地貌》一书，在武夷山景区建制三十周年纪念会后，2009年12月7~19日，武夷山风景名胜区管理委员会余火亮、陈再兴、郭仕金、陈致富、范寿良等同志分别带作者到百花岩（白龙岩）、九曲溪西段左岸、桃源洞、大保屏、楼阁岩、溅珠嶽、一线天、天生桥（伏羲岩）、下虎啸、凌霄峰、水帘洞（瑞泉岩）、章堂涧、流香涧、九龙窠、悟源涧、马头、胡麻涧、天游、

1 武夷山丹霞地貌简况及研究概述

玉华岩、佛国岩、弥陀岩、莲花峰、白岩、天花岩道观、姐妹岩、仙人岩、凤山寺、白云岩等地的奇岩异洞进行考察及到梅溪村东北侧第二级河流阶地采集热释光测年样品。直到该年12月19日，上述的野外考察才暂告一段落，并于12月20日乘飞机回广州中山大学。这是作者对武夷山的第六次考察。

撰写《武夷山丹霞地貌》一书，是一件很庄重严肃的事，为了在书中能较全面系统地反映武夷山丹霞地貌，还必须对武夷山做进一步的较全面系统的考察。所以作者又于2010年4月13日由广州乘飞机，于当日下午1时40分抵达武夷山机场。出了机场口，即冒雨与余火亮、范寿良同志乘车到梅溪村东北侧的第二级河流阶地补充采集了三个热释光测年样品，并由余火亮同志用快件寄回中山大学物理系给唐强同志分析年龄。以后，直至5月5日共22日，除因身体不适或下雨不能到野外考察之外，皆尽量到实地考察，并分别由武夷山风景名胜区管理委员会余火亮、俞建安、范寿良、孙作飞、朱健琴、苏德政、黄振拔、郑宝润等同志带领，先后考察了水光石、止止庵、仙桃涧下游、小九曲、一线天、溅珠嶽、云窝、茶洞、晒布岩、白云岩、三才峰、凌霄峰、兜鍪峰、饭罩岩、后垄、天花岩道观、莲花峰、水帘洞（瑞泉岩）章堂涧、流香涧、大红袍、天心岩、牛栏坑、大观音石、小观音石、玉华洞、马鞍岩（牛舌坪西北0.6公里）、龙头洞、佛国岩、弥陀岩、六坪、344.0高地、青狮峰、鸟子窠、狮子峰、火焰峰、倒水坑等地。直至5月5日闽西日报社副总编辑马卡丹同志带车来武夷山市接作者到连城冠豸山考察该山丹霞地貌天池成因问题时，作者在武夷山的考察才暂告一段落。这是作者对武夷山的第七次考察。尽管进行了上述的大量考察，但计划要考察的三仰峰、刘官寨、莲台等地仍未能再次前往考察，对赤霞岩、靠背岩等地也未能前往考察而深感遗憾！

2 武夷山丹霞地貌形成的地质基础

本章主要论述形成武夷山丹霞地貌的岩性及地质构造。

2.1 岩 性

本红色盆地出露的地层(图2.1),东部为下白垩统沙县组(K_1s)紫红色中薄层钙质泥质粉砂岩夹砂砾岩^[1, 2],属盆地河湖相,以湖相为主。其平均抗压强度:200~811公斤/厘米²^①;平均抗拉强度:33公斤/厘米²;抗剪强度:凝聚力 $C=200$ 公斤/厘米²;内摩擦角 $\phi=33$ 度,属半坚硬岩组^[3],除局部厚层砂砾岩夹层可形成一些丹崖之外,其他绝大部分只能形成缓坡起伏的红岩丘陵。西部为上白垩统崇安组(K_2c)紫红色厚-巨厚层砾岩、砂砾岩、含砾粗砂岩夹薄层钙质泥质砂岩、粉砂岩^[1, 2],属山麓洪积相、河湖相,以洪积相、河流相为主。其平均抗压强度:630~1000公斤/厘米²,最大达1470公斤/厘米²;平均抗拉强度:30~100公斤/厘米²;抗剪强度:凝聚力 $C=160\sim 630$ 公斤/厘米²;内摩擦角 $\phi=36\sim 45$ 度,属坚硬半坚硬岩组^[3],是形成丹霞地貌的主体岩层。以崇安组岩石抗压强度与岩体重量之比(崇安组平均岩石密度以0.00265公斤/厘米³计),可计算出崇安组理论崖高为2377~3773米,最大理论崖高可达5547米,但实际上因为崇安组的砾岩、砂砾岩、砾质粗砂岩等岩层富含节理、裂隙、层理、孔隙,并会受到地下水、风化、溶解等作用及有软弱夹层的存在,使其抗压强度大大降低,而且还受到当地侵蚀基准面以上岩层厚度的限制,所以它的实际崖高远远低于上述的理论计算值,一般多在100米以内,最大

① $1\text{kg}/\text{cm}^2=9.80665\times 10^4$ 百帕,下同。