



# 黄山花岗岩地貌特征、分布与演化模式

崔之久<sup>①</sup>, 陈艺鑫<sup>①</sup>, 杨晓燕<sup>②\*</sup>

① 北京大学城市与环境学院, 北京 100871;

② 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

\* 联系人, E-mail: [yangxy@igsrr.ac.cn](mailto:yangxy@igsrr.ac.cn)

2008-10-12 收稿, 2009-03-23 接受

国家自然科学基金资助项目(批准号: 40701017)

**摘要** 黄山花岗岩地貌各种类型分布很有规律, 呈同心状分布模式, 中心区为平坦夷平面残留部分, 向外围山峰依次为穹峰、堡峰、尖峰、岭脊等. 显示流水切割, 溯源侵蚀的裂点还停留在中心区边沿, 放射状水系的共同分水岭即为中心区. 推测中新世、上新世时为黄山花岗岩体升起后的剥蚀时期, 并形成夷平面. 后经历上新世末微弱抬升, 形成浅切割地面, 第四纪初开始强烈抬升、下切, 形成深切割地面, 造成中心区以外的高峰林立、峡谷幽深. 此一过程仍在继续, 但由于中心区集水面积有限, 裂点溯源侵蚀并不强烈, 黄山地貌现状当可长期保持.

**关键词**

花岗岩地貌

黄山

地貌特征

分布与演化规律

同心状分布模式

黄山地貌研究近年比较活跃是基于两个原因: 一是风景秀丽, 容易引人瞩目, 地貌学家的研究, 文章多偏重花岗岩风景地貌及成因分析, 有些论述还是比较中肯的有参考价值<sup>[1~4]</sup>; 二是源自对黄山古冰川的争议. 李四光<sup>[5]</sup>于1936年发表《安徽黄山之第四纪冰川现象》以来一直存有争议<sup>[6~9]</sup>. 1982年在黄山召开全国冰川、冰缘会议时争议达到高峰, 目前原则性分歧问题已基本解决<sup>[10]</sup>. 本次对黄山花岗岩及花岗岩地貌进行了专题考察, 虽时间不长, 但卓有成效. 鉴于前面已提到的几位作者在20世纪80~90年代对黄山风景地貌及其成因已进行了有价值的讨论, 所以本次考察和本文不拟重复, 乃着重于黄山花岗岩地貌类型及其宏观分布特征与演化历史的探讨. 作者认为, 黄山花岗岩体的地貌演化可以作为典型, 充分显示花岗岩体地貌特征和演化规律.

同时无论从地貌学本身或目前黄山作为联合国自然与文化双遗产, 国际地质公园和国家级风景名胜区的声望, 以及作为配套而设立的黄山博物馆展示, 皆需要对黄山花岗岩地貌在风景地貌的形态特征和成因作一般描述的基础上, 系统地黄山花岗

岩地貌分布规律及演化理论上的阐述. 这正是本文的目的.

黄山是皖南山区的最高山地, 是长江和钱塘江分水岭, 主峰—莲花峰海拔1864 m, 黄山年均气温为7.8℃, 年均降水量为2396.5 mm, 年径流深度1200 mm, 处于我国最大丰水带内, 流水有强烈的切割作用. 在黄山154 km<sup>2</sup>景区内, 花岗岩体占107 km<sup>2</sup>, 千米以上高峰77座, 怪石120处, 河流素称有36源和36峡谷, 传说黄帝曾在此炼丹, 故名. 李白曾留诗: “黄山四千仞, 三十二莲峰. 丹崖夹石柱, 菡萏金芙蓉”. 这可以说是最早的对黄山花岗岩地貌的恰当描述. 明代徐霞客在对黄山的描述中发出了: “生平奇览”和“登黄山, 天下无山, 观止矣”的感叹<sup>[11]</sup>.

## 1 黄山花岗岩体简况

黄山在大地构造上属扬子台坳的皖南凹陷褶皱带西段, 在元古代和下古生代属古扬子海区, 沉积了砂岩、页岩和灰岩. 在上古生代至中生代初, 地壳运动造成海陆交替环境, 而在印支运动时隆起成陆, 从这时候开始直到燕山运动, 频发的断块运动伴随

**引用格式:** 崔之久, 陈艺鑫, 杨晓燕. 黄山花岗岩地貌特征、分布与演化模式. 科学通报, 2009, 54: 3364~3373

Cui Z J, Chen Y X, Yang X Y. Granite landform characteristics, distribution and evolution patterns in Huangshan Mt.. Chinese Sci Bull, 2009, 54, doi: 10.1007/s11434-009-0309-x

岩浆侵入, 导致花岗岩体成为黄山地貌演化的基础.

黄山花岗岩体出露面积 107 km<sup>2</sup>, 占地质公园总面积的 70%, 平面上呈北东 70°椭圆形, 侵入三峰庵背斜与山岔向斜的接触部位和南平岩体南侧. 黄山花岗岩体经多次研究, 现认为可分为四期: 第一序次为中粗粒二长花岗岩; 第二序次为中粗粒似斑花岗岩; 第三序次为中细粒斑状花岗岩; 第四序次(末期)为细粒含斑(少斑)花岗岩. 现中心部分地貌主体为第三期和第四期, 年龄约为 128~(131.6±5.2) Ma BP, 最晚为(124±5.2) Ma BP(安徽省 332 地质队资料, 2006). 目前黄山的著名山峰多形成在中心区和内缘部分, 即第三、四期分布区, 而第一、二期均分布于外围地区, 因遭受剥蚀时间长, 山势逐渐向围岩区(下古生代沉积岩和变质岩)降低(图 1, 2).

## 2 黄山花岗岩山峰与花岗岩期次的关系

另据张理华<sup>[12]</sup>研究, 燕山期狮子林花岗岩体(7.7 km<sup>2</sup>)占据黄山中心区, 相当于本文划分的中心缓丘平台地貌区, 主要以狮子林、光明顶、贡阳山为代表. 而黄山花岗岩体(107 km<sup>2</sup>)占据上述中心区外围各主要山峰和岭脊. 此外, 中生代侵入的太平花岗岩体(204 km<sup>2</sup>)则占据黄山北部广大地区, 因遭受长期风化剥蚀, 风化壳深厚, 呈现缓丘盆地景观, 已完全失去昔日高耸花岗岩峰形原貌.

从黄山著名的七十二峰的位置和海拔高度可看出地貌发育的一般规律, 其中共有 4 座峰海拔高于 1800 m, 都集中在中心区及邻近的外围地带; 1700~1800 m 有 5 座峰, 其中鳌鱼峰也位于中心区, 其他 4 座也同样邻近中心区; 特别值得一提的是 1600~1700 m 的山峰有 17 座之多, 其中 1679 m 以上有 9 座, 超过半数, 它们与 1700 m 相差无几, 由此可见 1679 m 以上山峰共有 18 座, 可以把它们看成是中新世、上新世同一个夷平面的残留部分. 其他还有 8 座 1600~

1678 m 的山峰, 如九龙峰(1636 m)、云外峰(1656 m)等, 以及 10 座 1500~1600 m 的山峰围绕在上述地区的外围. 1500 m 以上的山峰及其周边地区代表了黄山最高的地势, 基本上都分布在中心区偏东南的方向上, 有人称这一带山地为高于 1500 m 的中山带. 似乎从以上各山峰分布、峰型与花岗岩期次、岩性的关系能看出明显的规律, 但这并不意味着它们之间有某种直接关系, 因为山峰的高度与侵蚀的方式和时间也有关系, 如第四期碱长细粒似斑状花岗岩多呈穹形峰, 但多位于黄山中心区; 第三期中细粒似斑状花岗岩亦多呈穹状峰和台地, 也多位于中心区; 唯独第二期粗粒斑状、似斑状花岗岩体多呈各种类型的峰形, 如穹状、岭脊状、尖状、柱状和箱状等, 而他们都位于中心区的外围(图 2, 表 1), 与受到切割的时间长, 强度大直接有关. 若仅从以上情况看, 可以说峰型与花岗岩岩性并无太大关系, 相反, 花岗岩的峰型与构造和节理的关系则更为密切.

## 3 黄山花岗岩地貌空间分布的同心状模式——经典的地貌分布模式

黄山花岗岩地貌的各种类型的形状和分布都有规律可循, 且与演化过程密切相关. 黄山风景区中心部分(北海、西海、天海)是一个夷平面的残留部分(图 3), 由于花岗岩体的水系均匀呈放射状, 故这一部分

表 1 黄山三级剥蚀面及其主要山峰<sup>[14]</sup>

级别	绝对高度/m	主要山峰 <sup>a)</sup>	是否夷平面
一级剥蚀面	1650~1800	莲花峰(1864)	应为夷平面
		天都峰(1810)	
		光明顶(1860)	
二级剥蚀面	1300~1500	眉毛峰(1430)	应为剥蚀面
		朱砂峰(1370)	
		芙蓉峰(1335)	
三级剥蚀面	600~1000	香炉峰(945)	应为剥蚀面
		枕头峰(1005)	

a) 括号内为山峰海拔高度, 单位: m

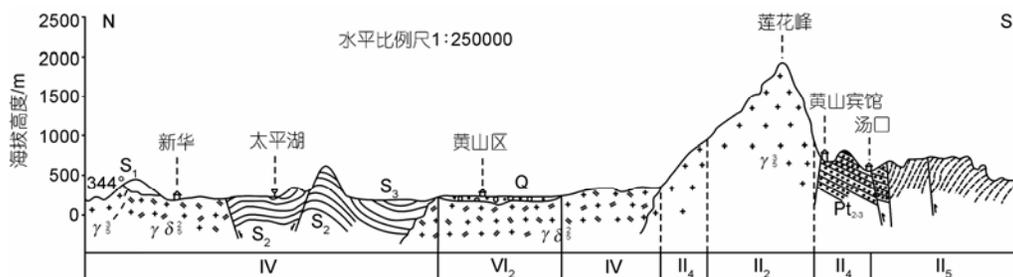


图 1 黄山地区地质剖面

安徽省 332 地质队资料, 2006, 改绘

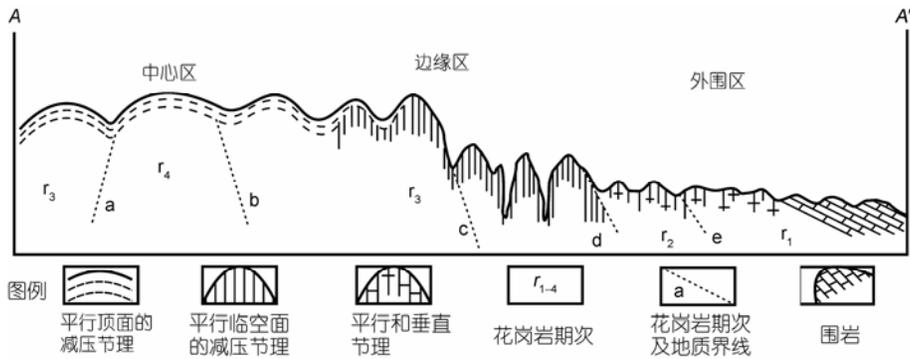


图2 黄山花岗岩期次与节理类型剖面示意图

减压节理有垂直节理和平行节理两类, 剖面位置见图4

就成为各条河的共同源头和分水岭, 其外围则均被切割成深切峡谷, 切割最深的地段也就是各高大山峰所在地段, 切割深度达 500~800 m. (图 4, 5) 中心区现在呈现缓丘台地状, 相对高度约为 200 m, 有风化壳和十余米的深厚松散层, 其四周有裂点围绕, 如排云亭裂点(1640 m)(图 6)等, 此类裂点可称为源头裂点或上裂点; 鳌鱼驮金龟则是黄山残留夷平面最清晰的南界, 平天砭则是最清晰的东界, 在与裂点位置交叉处出现的则为残留石蛋所造成的各类“造型石”, 如飞来石, “鳌鱼”嘴部附近的石蛋群以及北面的猴子望东海等(图 7(a)).

围绕中心平台内侧的是一群穹形峰, 如狮子林(图 7(b))、丹霞峰(图 7(d))、光明顶、贡阳山, 而鳌鱼驮金龟、平天砭则更是保留原始状态的台地. 再外则为堡型峰, 如天都峰(图 7(c))、莲花峰(穹-堡过渡型)、莲蕊峰、玉屏峰、白鹅峰、始信峰、九龙峰等. 总之, 黄山花岗岩地貌在空间上有围绕中心区呈同心状分布特点, 从中心区到外围的围岩区可划分 5 部分(图 4, 5, 表 2).

(1) 中心区: 平顶峰为主, 缓丘起伏, 相对高差约为 200 m.

(2) 中心边沿圈: 堡峰罗列, 裂点已越过中心区

边缘, 有裂点群围绕中心区, 也有石蛋散布在中心区四周.

(3) 近外缘圈: 以岭脊状向外延伸, 岭脊上并列堡峰和尖峰, 也有石柱(如始信峰岭脊). 岭脊可分为两类, 一类以始信峰-贡阳山一线为例, 岭脊与中心区仍相连, 另一类如九龙峰岭脊已与中心区脱离(图 7(d)).

(4) 远外缘圈: 尖峰为主, 渐远渐低, 多属一、二期花岗岩体, 曾遭受长期剥蚀, 重要山峰保存不多, 且海拔多在 1300~1400 m 左右.

在远外缘圈与围岩过渡区有瀑布跌水群, 如九龙瀑、白龙瀑、人字瀑、百丈泉等, 主要泉瀑多集中在东南部, 此处是汤口-谭家桥东北向(45°NE)大断裂所在, 整个黄山都因此形成东南坡最为陡峭的地形. 在由花岗岩过渡为围岩的地区多形成瀑布、跌水, 是黄山两大类裂点中的下裂点, 海拔约 700~800 m 左右.

(5) 非花岗岩低山区: 为一期花岗岩体(如黄山大门摩岩石刻“大好河山”处)与围岩交界处以外地区, 多为变质岩和沉积岩低山.

#### 4 黄山花岗岩地貌分区及其与构造的关系

黄山花岗岩地貌受不同等级的构造线和岩体侵入期次以及流水切割程度等因素控制, 表现在三维



图3 黄山中心台地——光明顶(右)和平天砭(左)平坦状台地及两面裂点

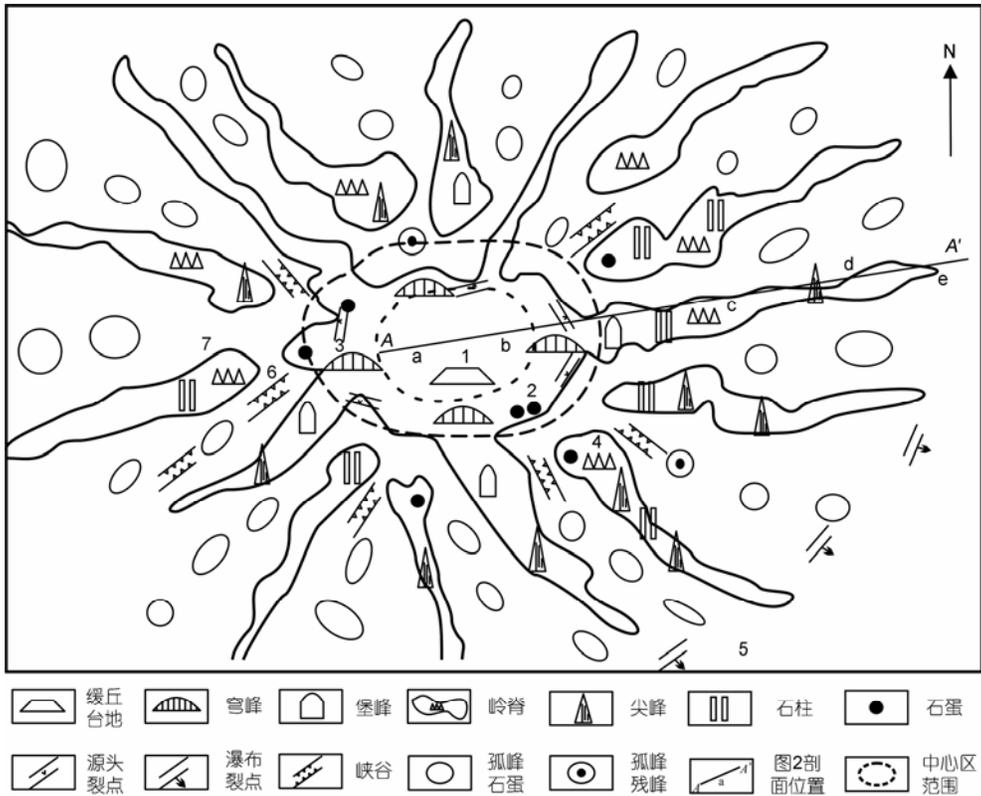


图4 黄山花岗岩地貌空间分布的同心状模式

1, 光明顶、平天缸; 2, 飞来石; 3, 丹霞峰; 4, 天都峰; 5, 九龙瀑; 6, 西海大峡谷; 7, 九龙峰

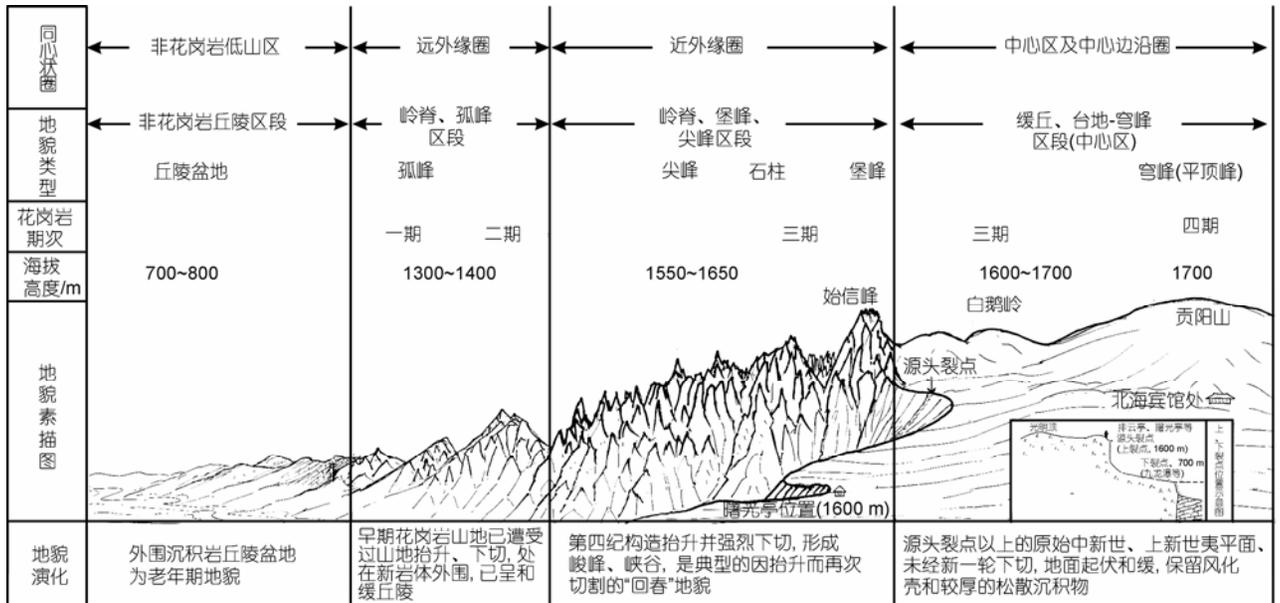


图5

由曙光亭北望始信峰-贡阳山一线地貌素描图, 显示黄山花岗岩期次及地貌类型分布的同心状圈及演化规律

空间上很有规律, 围绕中心区加上外围 4 个区共有 5 个地貌亚区, 分别是: 外围沉积岩丘陵盆地, 中央缓丘台地区, 东南高峰宽谷区, 西南峡谷岭脊区, 东北梳状岭谷区, 西北低缓岭谷区(图 8, 9)。



图6 排云亭裂点

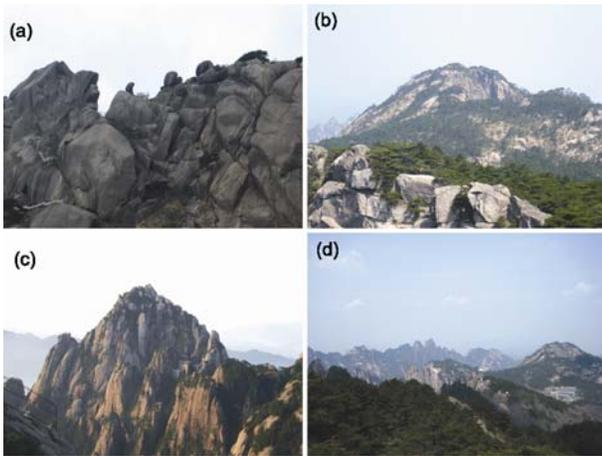


图7 黄山山峰

(a) 鳌鱼嘴前石蛋群; (b) 穹峰狮子林; (c) 堡峰-天都峰;  
(d) 穹峰-丹霞峰与西南侧外围的岭脊-九龙峰

表2 黄山主要地貌类型及代表景观

地貌类型	岭脊	尖峰	堡峰	穹峰	石柱
				光明顶	梦笔生花
				平天缸	仙人翻案
	石笋缸		莲花峰	鳌鱼峰	仙人晒靴
实例	十八罗汉(组合)	玉屏峰	始信峰	贡阳山	仙人指路
	九龙峰	莲蕊峰	天都峰	狮子林	天狗望月
	始信峰-白鹅峰			丹霞峰	双猫捕鼠
	一线			白鹅峰	十八罗汉(个体)

知名山峰(群峰)、宽谷(立马桥谷地等)、大型瀑布等均集中在东南区,从宏观看也以东南部各类地貌的同心状从内向外展布最完好。西南、东北区次之,而西北区表现不明显,因为西北区三、四期花岗岩体分布区小且有大量辉绿玢岩脉出露,以中细粒黑云母花岗闪长岩为主,地质体比较零散,且多为早期岩体、风化时间长,故地貌单元也显得零散且比较低缓。

控制黄山花岗岩地貌的主构造线有中等规模的南北向断裂组合,特别是东部共有10条以上南北向大断裂均匀展布,间距1.5~2.0 km,其最西面的两条中东面的一条,北段是太平索道所经过的松谷庵谷地,南段纵切西海大峡谷的源头,正好从排云亭西侧通过,形成一条大的断层崖,同时也从“飞来石”西侧通过。最西的一条则从西海大峡谷终端纵切而过。比较特殊的是在东南又有前人所说的“U型谷”,以立马桥所在为代表,一字并列排开从东到西共有6条,由于其东北方向有一组北东向帚状断裂,致使这一组谷地稍向北东方向偏转,最典型的表现是在玉屏峰南侧玉屏溪上游形成南北向和东北-西南向谷地相互交叉的特殊景色。前人主张的这些所谓的U型谷源头皆向上游明显收窄,无任何“冰斗”或“粒雪盆”特征显示,而在距此很远的北海、西海宾馆区西侧则有所谓的“粒雪盆”,其下游又无U型谷存在,这种把粒雪盆-U型谷必须共同存在的冰川地貌现象拆为两处,相隔遥远,让人质疑。此外,还有两组北西-南东向和北东-西南向断裂以及近南北向的断裂,其中大型的东北-西南向和西北-东南向的断裂,以汤口-谭家桥和汤口-焦村断裂最具控制作用,使黄山南坡比北坡陡峻。西海大峡谷是黄山地貌西南区的代表,其所在的东北-西南向断裂以及下游的西北-东南向断裂则严格控制西海峡谷从排云亭直指钓桥,又从钓桥直达焦村,以及向东南流到汤口的桃花溪的流向。同样大型的南北向断裂也控制了地貌发育。如前述从排云亭到飞来石西侧大断层清晰的把黄山花岗岩地貌分隔为东、西两大不同地貌区,中心区和黄山众多山峰所在的东南地貌区(图9),以及东北地貌区。当然,众多山峰集中在东南区还与密集的北东-南西和北西-南东两组断裂密切交叉相关(图10)。前述多条北东-西南向宽谷也与此有关。此种断裂特别密集部分

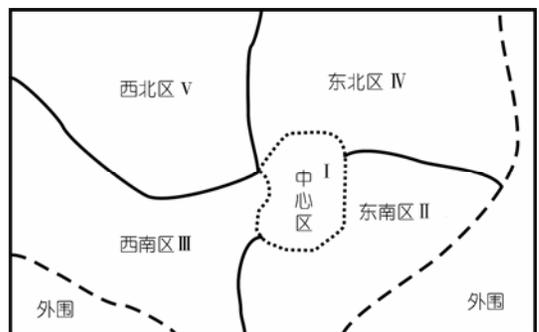


图8 黄山花岗岩地貌分区图

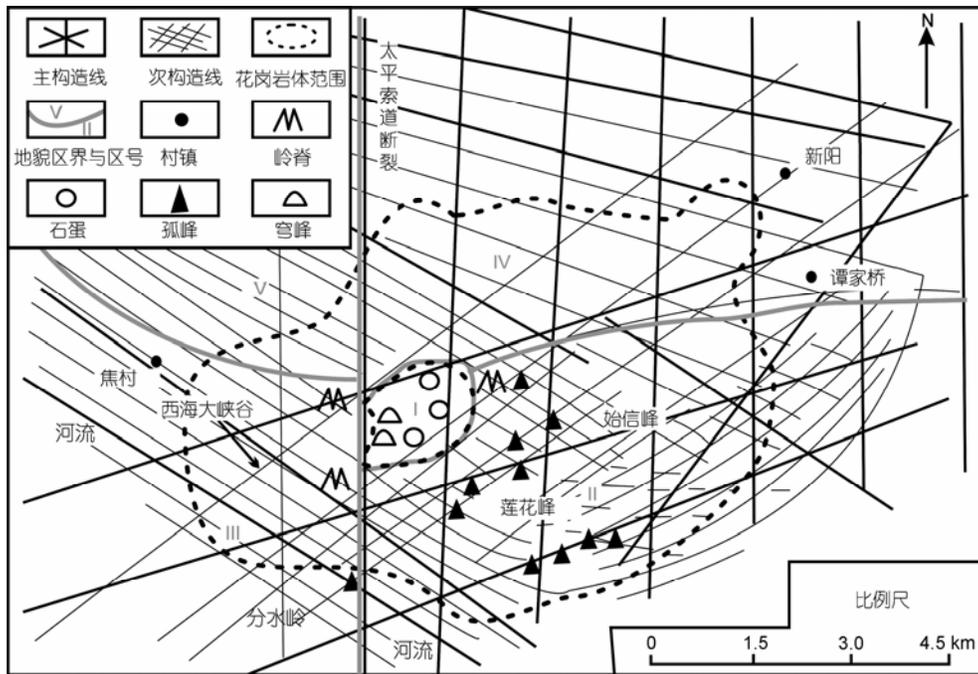


图9 黄山构造纲要、地貌分区与山峰分布图

I, 中心缓丘台地区; II, 东南高峰宽谷区; III, 西南峡谷岭脊区; IV, 东北平行岭谷区; V, 西北低缓岭谷区

形成宽谷, 而相对稀疏处则形成岭脊, 故此形成宽谷和岭脊交互出现的地貌类型. 此种景观在整个黄山花岗岩地貌中是绝无仅有的, 是构造裂隙和节理交叉易受流水侵蚀并沿谷边陡崖垂直卸荷节理崩坍而形成的(图9).

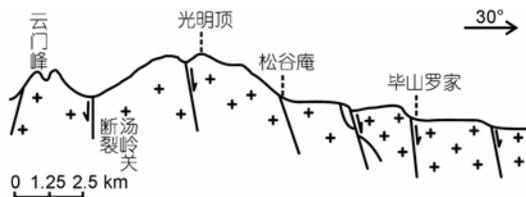


图10 黄山北西向断层组合剖面图

据安徽省332地质队资料, 2006, 改绘

特别值得指出的是, 黄山花岗岩体节理密布, 但所见节理多属减压或卸荷节理. 在中心区, 即花岗岩体中心部分, 如丹霞峰、炼丹峰、光明顶所见多为水平卸荷节理. 在边沿区则多见垂直卸荷节理(图11(a), (b)), 而处于过渡地段的莲花峰则兼有水平和垂直节理.

南北向大断裂对地貌的控制集中表现在东北地貌区. 本区两大地貌特征完全受此组断裂控制, 宏观上的南北向纵谷和岭脊极为显著, 而东西向次一级断裂则把岭脊分割成众多平行的“石墙”, 以光明顶、炼丹峰一线东侧和北侧远山最为明显而壮观, 如叠嶂峰.



图11 减压节理和浮虏体

- (a) 丹霞峰顶部水平减压节理; (b) 石笋砗上垂直解压节理;
- (c) 莲蕊峰下三期花岗岩中的浮虏体; (d) “百步天梯”顶部, 三期花岗岩中浮虏体风化剥落而成的空洞和顶部石蛋

西北地貌区除北西向断裂外, 还有众多辉绿玢岩脉和二长花岗岩脉, 由于此类岩脉风化强烈, 平面形态呈骰格状, 且山地相对低缓, 不像其他各区地貌特征明显.

从细节上看, 安徽省332地质队通过现场测量, 确定黄山岩体中心区断裂应力场也是以北东、北西方向为主, 节理的构造应力场更是如此, 集中显示上述

两组方向,唯莲花峰北坡突显北-南方向,作者在光明顶东侧之炼丹峰看到南-北方向的断裂和节理也十分醒目,但同一地点,花岗岩内之石英斑晶体长轴方向却明显指向东西,也许岩体形成时和形成后的受力方向有所变化,前者更使受太平洋板块推挤受力方向有所显示.

在玉屏峰-立马桥地段,二期中粗粒似斑状花岗岩中,累见俘虏体(或析离体),以及他们因差异风化沿边界整体脱落的现象,有时留下大小不一的空穴,并成群出现(图 11(c), (d)). 因此证明立马桥东侧山崖上所谓的“冰川刻槽”也是以个体空穴连续分布的表现,是上述异质体风化剥落的结果<sup>[10]</sup>.

### 5 黄山花岗岩地貌演化——经典的演化模式:“地貌回春”

Davis<sup>[13]</sup>、Penck<sup>[14]</sup>或King<sup>[15]</sup>在谈到一个地区(如Andes, Alps, South Africa等)地貌演化时,运用的都是地貌的形态分析(Morphological Analysis of Landforms)方法,主导思想基本上都是假设在构造稳定的条件下,一个地块已被侵蚀-剥蚀成一个很平的地面(准平原,夷平面(包括准平原等)),然后发生新的地壳抬升,地面开始下切(以河流为主),此即“地貌回春”现象.这一学说虽看上去老旧简单,但基本原理却始终被行之有效的应用着.黄山地貌演化(主要是花岗岩地貌)也基本一样.如Davis<sup>[13]</sup>在介绍Penck的山麓面形成模式时,曾用一幅图表达抬升地块的演化模式(图 12).

- (1) 放射状水系从四方向台地中央溯源侵蚀(参见图 4, 13);
  - (2) 边缘最先遭受侵蚀,故地形面破碎,奇峰林立,峡谷幽深;
  - (3) 中央保留着一高起的台地.
- 对黄山而言只不过抬升和下切均较强烈,地形

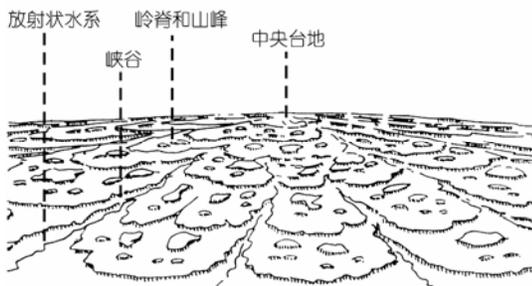


图 12 彭克穹形台地-山麓面演化模式<sup>[13]</sup>

高差大而已(图 4, 5). 具体而言黄山今日地貌之形成经历了以下过程:

(1) 花岗岩块体隆升与剥蚀阶段: 黄山不同期次的花岗岩体共同构成一个隆起的地块, 最晚的侵入时间应是 123.4~(124±5) Ma BP 期间(白垩纪中后期), 此后经过长时间剥蚀, 直到中新世、上新世, 当时世界大部分地区都广泛形成夷平面.

(2) 夷平面阶段: 根据中国西部关于夷平面的研究, 对照中国东部相似夷平面研究成果, 可以推测黄山夷平面也应形成在此时, 黄山中心区的缓丘平台地貌就是这一夷平面的残留, 证据有 3 点: ① 黄山中心区有强烈风化带存在, 而强烈风化带本身就是夷平面的一部分, 代表的是热带-亚热带环境. 在修造西海宾馆时, 地基松散层厚十几米, 曾作专门处理. 这就可能是开挖在风化壳上; ② 光明顶南侧斜坡下方近坡脚处, 有一孤立而突出的基岩块, 它不同于成群分布的石林, 此突起应是花岗岩风化壳上应该有的突岩(tor)群的残留, 是夷平面遗迹之一; 关于花岗岩夷平面风化壳和地貌发育特点可参见文献<sup>[16]</sup>; ③ 这一夷平面残留部分被四周各河流源头裂点群包围, 其中最具有代表性的是西边的排云亭裂点, 它恰好位于中心缓丘台地与深切大峡谷——西海大峡谷的中央源头交汇处, 也同时位于南北向太平索道——试剑石大断层东侧断崖上. 同样的裂点还有南边的“一线天”顶端(鳌鱼峰东端), 北边的曙光亭处(图 5), 以及西北方向石鼓峰下西海水库出口处, 和东南的光明顶下的裂点(图 9). 通常被裂点包围的地块都是残留的未经侵蚀的分水岭地段放射状水系的中心(图 13). 按照定义, “当裂点的相对高度大于河流水深时, 裂点才能保持其形态”<sup>[17]</sup>. 因此, 这些裂点已经而且今后还可以保留很长时间. 只可惜这些裂点上少有流水, 成不了美丽壮观的大瀑布<sup>[18-20]</sup>.

夷平面形成后期, 应该是上新世晚期或末期, 地壳抬升有所显示, 造成浅切割, 现时中心区部分残留约 200 m 高差的缓丘和浅洼地等应是这一阶段的产物, 但此地面往下游延伸似乎对应各大峡谷顶上的残留谷肩, 以玉屏溪上游和西海大峡谷沿线较为清晰, 从排云亭大峡谷入口处, 是与排云亭基本等高的顶部谷肩所在处, 这相当于浅切割阶段的地面.

(3) 深切割阶段: 如图 14, H, M, L 三处谷肩就是深切割的 3 个中间阶段, 按中国地貌发育的通常规律, 此时对应是上新世末至第四纪初的喜马拉雅运动的

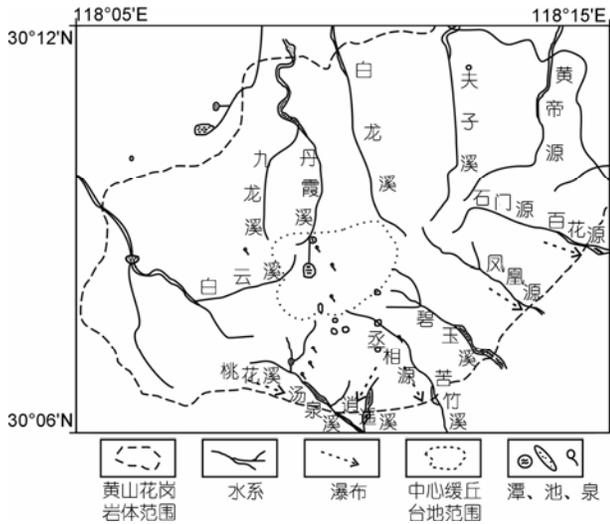


图 13 黄山放射状水系源头分布图  
据安徽省 332 地质队资料, 2006, 改绘

最新一幕。近年关于青藏高原隆升的研究表明，特别是距今 350 万年前的抬升极为强烈，此为青藏运动 A 幕，250 万年(B幕)，150 万年(C幕)也均有抬升 [21]，尤其是距今 110~80 万年的昆仑-黄河运动更是使青藏高原面上升到 3500 m，出现了迄今所知最早也是冰川规模最大的昆仑冰期 [22]，15 万年前的共和运动造成青藏高原东缘十几个山地强烈抬升，以致这些山地因高度达到雪线高度(3800~4000 m)，而只发育了末次冰期 [23]……这次抬升使在中国东部低台阶上的群山，包括南岭、大别山、山东丘陵、江南丘陵，也包括江西三清山，安徽黄山等中山都有连带抬升的效

应，又如受太平洋板块推挤，台湾高山(玉山、雪霸山、南湖大山)也出现前述只发生末次冰期冰川作用的特有现象，这也难免不兼使浙、皖、赣丘陵山地抬升 [16,24]。按花岗岩风化壳分带理论，夷平面上的浅风化带根部的石蛋层，现已分布到黄山中心区边沿地带，如飞来石，猴子望东海，鳌鱼嘴石蛋群等，显示原来的花岗岩风化壳浅风化带已达到黄山最高处，这当然是抬升的结果 [16]，大峡谷中所显示的三级谷肩究竟分别对应哪一次抬升运动还有待深入研究，应该说这一深切阶段现在仍在继续(图 14) [18,19]。

以上 3 个阶段具体表现在图 15 的 3 个块状图中。

据前人研究，黄山存在多级古剥蚀面，从上到下分别形成于晚白垩-始新世(85~50 Ma BP)、始新世-渐新世中期(45~30 Ma BP)、中新世-上新世初期(24~5 Ma BP) [25~28]。而浦庆余的最新研究认为，黄山光明顶壮年期地面(1600~1800 m)形成于渐新世-中新世，稍低的老人峰-朱砂峰-桃花峰(1250~1400 m)壮年期地面形成于中新世-上新世，再低的慈光阁宽谷地面(750~1100 m)则形成于中更新世(0.7 Ma BP)<sup>1)</sup>，而袁万明所测磷灰石裂变径迹年龄亦分别属于 3 个年龄段：56 Ma (始新世)；45~32 Ma (渐新世)；15 Ma (中新世)。它们与区内构造隆升和剥蚀过程基本吻合。他并提出黄山自第三纪至第四纪初均处于隆升剥蚀阶段，造成缓丘景观，使山麓带缺失此期相关沉积<sup>2)</sup>。

据浦庆余教授研究，在逍遥溪谷地白龙桥剖面有三级基座阶地，其中 T3 相对高 50 m(海拔 730 m)，

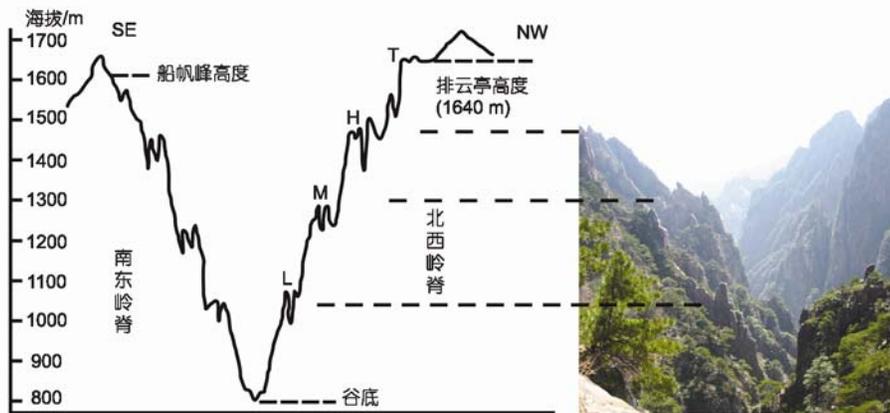


图 14 西海大峡谷谷肩示意图

T, 顶部谷肩; H, 高谷肩; M, 中谷肩; L, 低谷肩

1) 浦庆余. 黄山地貌研究. 2008

2) 袁万明. 黄山岩体形成时代与隆升剥露(黄山景区研究项目子课题). 2008

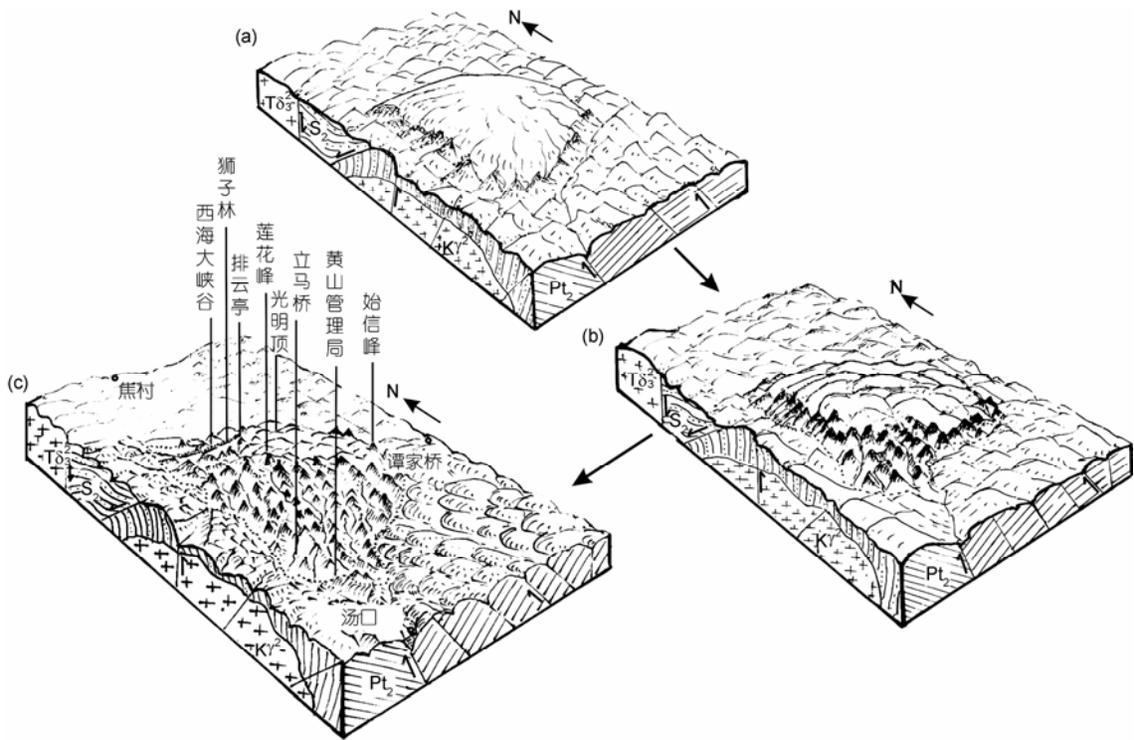


图 15 黄山花岗岩地貌发育的 3 个阶段

(a) 几千万年前的黄山地貌(第一阶段): 黄山花岗岩体在第三纪后期出露地表呈穹形山体, 发育夷平面和风化壳, 四周被围岩山地包围。  
 (b) 几百万年前的黄山地貌(第二阶段): 上新世(距今 500~250 万年)轻度构造隆起, 产生轻度切割, 穹形山体顶部和缓起伏, 周边有明显切割并出现花岗岩山峰。  
 (c) 今日黄山地貌(第三阶段): 第四纪(距今 250 万年前开始)开始强烈地壳抬升, 古夷平面被强烈分割, 河流裂点向中心溯源, 产生峡谷和高峰

砾石层所测  $^{14}\text{C}$  年龄为  $(25.04 \pm 13)$  ka BP, 换算成下切速率为 2 mm/a, 若以此为准, 如果不算继续的隆升量, 从黄山主峰(1864 m)顶面下切到 730 m 处, 需要 55 万年。浦庆余认为下切时间是 70 万年, 但实际上从第四纪初已开始有上升-下切, 对应于 110~80 万年前青藏高原的昆仑-黄河运动时, 江南一带山地加快了抬升-下切的速度则是可能的<sup>1)</sup>。

同时袁万明<sup>2)</sup>认为从约 13 Ma BP 中新世中期迄今, 所测样品冷却速率加快, 远大于前两个阶段(170~75 Ma), 隆升速率为 0.12 mm/a 和 1.57 km 总隆

升量。而 3 个阶段黄山总隆升量为 6.71 km。隆升也有越来越快的趋势。以地面隆升而言, 黄山隆升幅度变化于 450~2230 m 之间。

最后需要指出的是, 江西三清山花岗岩地貌虽说在形态上和黄山有些不同<sup>[16]</sup>, 但也是大同小异, 唯一真正不同之处是, 三清山原始地面已无明显保留, 层状地貌也不明显, 即使玉京峰至三清宫一线也难觅原始夷平面的踪迹。故从演化来说, 三清山已走前了一步。就花岗岩地貌而言无论类型、分布、演化的完整性、经典性只能是黄山独占鳌头了。

致谢 本文引用的地质资料均来自黄山风景区管理委员会; 安徽省 332 地质队、中国地质大学罗照华教授、陈安泽先生和黄山国家风景名胜区管理局汪诚同志共同考察、研讨, 获益良多, 在此一并致谢。

1) 同 3371 页 1)

2) 同 3371 页 2)

## 参考文献

- 1 孙毓飞, 曹松涛, 周世术. 黄山构造地貌之初步探讨. 安徽师范大学学报(自然科学版), 1982, 5: 99—106
- 2 孙毓飞. 黄山旅游地貌新探. 地理研究, 1994, 13: 34—40
- 3 江兴亮. 试论新构造运动在风景地貌形成中的作用及其旅游开发——以黄山为例. 安徽师大学报(自然科学版), 1998, 21: 358—360
- 4 丁祖荣, 吴有正. 黄山风景景观的地貌条件研究. 长江流域资源与环境, 1996, 5: 123—126
- 5 李四光. 安徽黄山之第四纪冰川现象. 中国地质学会会志, 1936, 15: 279—290
- 6 黄培华. 关于长江以南地区冰川遗迹问题. 科学通报, 1963, 8: 29—33
- 7 黄培华. 五十年来中国东部第四纪冰川问题的研究及其争论. 冰川冻土, 1983, 5: 5—12
- 8 孙毓飞. 关于黄山某些冰川地貌问题的商榷. 见: 中国第四纪冰川冰缘学术讨论会文集, 北京: 科学出版社, 1985. 34—36
- 9 崔之久, 谢又予. 论分歧的现状和展望——关于中国东部第四纪冰川问题. 冰川冻土, 1984, 6: 77—85
- 10 施雅风, 崔之久, 李吉均, 等. 中国东部第四纪冰川与环境问题. 北京: 科学出版社, 1989. 187—191
- 11 张永富. 世界自然与文化遗迹——黄山. 北京: 中国旅游出版社, 1998
- 12 张理华. 略论黄山地质旅游资源成因. 淮北煤师院学报(自然科学版), 2002, 23: 62—65
- 13 Davis W M. Piedmont bench lands and primaerruempfe. Bull Geol Soc Am, 1932, 43: 399—440
- 14 Penck W. Morphological Analysis of Landforms. London: Macmillan, 1953. 439
- 15 King L C. The Morphology of the Earth: A Study and Synthesis of World Scenery. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1962. 726
- 16 崔之久, 杨建强, 陈艺鑫. 中国花岗岩地貌类型特征与演化. 地理学报, 2007, 62: 675—690
- 17 Leopold M, Wolman M G, Miller J P. Fluvial Processes in Geomorphology. New York: Dover Publications Inc, 1964. 442—448
- 18 崔之久, 高全洲, 刘耕年, 等. 夷平面、古岩溶与青藏高原隆升. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1996, 26: 378—386
- 19 崔之久, 李德文, 冯金良. 覆盖型岩溶、风化壳与岩溶(双层)夷平面. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2001, 31: 510—519
- 20 李德文. 崔之久, 刘耕年. 湘桂黔滇藏一线覆盖型岩溶地貌特征与岩溶(双层)夷平面. 山地学报, 2000, 18: 289—295
- 21 Li J J. The environment effects of the uplift of the Qinghai-Xizang Plateau. Quat Sci Rev, 1991, 10: 479—483[[doi](#)]
- 22 崔之久, 伍永秋, 刘耕年, 等. 关于“昆仑-黄河”运动. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1998, 28: 53—59
- 23 李吉均, 方小敏, 马海洲, 等. 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1996, 26: 316—322
- 24 张珂, 黄玉昆. 粤北地区夷平面的初步研究. 热带地理, 1995, 15: 295—305
- 25 黄培华. 黄山山体的演化过程研究. 中国科学技术大学学报, 1995, 25: 160—165
- 26 王心源, 朱诚. 晚白垩世以来黄山地区隆升机制研究. 地理研究, 1997, 16: 75—81
- 27 周秉根, 潘宝林, 王心源, 等. 黄山新构造运动初探. 安徽师范大学学报(自然科学版), 1995, 18: 53—58
- 28 朱诚. 庐山、黄山与天目山地区第四纪沉积环境比较研究. 地理科学, 1996, 16: 37—45