

大洋洲查亚峰的形成与演化

李致新¹ 王勇峰¹ 杨巍然²

(1. 中国登山协会, 北京 100061; 2. 中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074)

摘要: 位于大洋洲新几内亚岛的查亚峰的形成与中新世以来澳大利亚大陆北部被动边缘俯冲碰撞到 Melanesian 岛弧之下有关。2.8 Ma 以来, 查亚峰岩石隆升幅度为 7 000 m, 隆升速率为 2.5 mm/a, 其剥蚀速率为 0.7 mm/a。据查亚峰南坡石炭—二叠系测年得出, 自 2.3 Ma 以来, 岩石隆升幅度为 6 500 m, 隆升速度为 2.88 mm/a, 剥蚀速率为 1.7 mm/a; 更南可能为前寒武纪的绿片岩分布区, 剥蚀速率更快, 已剥蚀深度达 9 km, 是全岛剥露最深的地区。正是这种强烈的切割和剥蚀, 在均衡抬升作用强烈影响下使查亚峰成为大洋洲最高峰。

关键词: 隆升作用; 剥露作用; 查亚峰; 大洋洲。

中图分类号: P542

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2000)01-0028-05

作者简介: 李致新, 男, 国际登山健将, 国家一级登山教练员, 1962 年生, 1985 年毕业于武汉地质学院, 获学士学位, 长期从事高山探险和高山地质研究。

20 世纪 90 年代开始, 固体地球科学将大陆动力学作为跨世纪的研究目标, 代表岩石圈热学和力学变化最强烈的山脉自然成为研究的重点对象, 特别是世界七大洲最高峰更令人瞩目。它们在全球构造中占有特殊地位, 是研究大陆动力学的最佳窗口, 对发展地学理论有重要意义; 它们的形成、演化与资源分布、全球气候变化和人类生存环境密切相关。笔者李致新、王勇峰立志攀登世界七大洲最高峰, 结合登山进行地质考察和收集各种资料。1999 年 6 月 23 日成功地登上了最后一座最高峰——大洋洲查亚峰。

1 区域构造背景

查亚峰位于世界第二大岛——新几内亚岛, 其大地构造位置一般认为处于太平洋板块和澳大利亚板块交汇处, 大致以中央山脉北侧出露的蛇绿岩标志两板块汇聚的位置(对接带)。Giddings 等^[1]则强调是太平洋、澳大利亚和东南亚三个板块碰撞的产物, 其实更为复杂, 除上述三板块外, 尚有一系列次级板块在此相汇, 如菲律宾板块、所罗门海板块、俾斯麦板块和加罗林板块等(图 1)^[2~4]。

新几内亚岛区域构造显著特点是一向北突出的弧形构造带。横穿弧形构造, Nash 等^[5]由北而南划分了 7 个构造岩相带(图 1)。查亚峰位于第 5 个构造带复向斜的核部, 在平面上靠近弧顶位置。

2 查亚峰及邻区地质构造特征

查亚峰位于这个复杂构造体中相对较稳定的复向斜核部, 所以峰顶是产状平缓的新第三纪灰岩。沿复向斜核部还有上新世中性侵入岩断续分布, 距查亚峰顶西南不足 2 km 处就是著名的 Ertsberg 岩体及砂卡岩 Cu-Au 矿床^[6]。

查亚峰从老到新发育有 Kembelangan 群、Faumai 建造和 Ainod 建造^[7]。Kembelangan 群时代为白垩纪(图版 I, 1~3), 其下部为磨圆度较好的石英砂岩, 局部为钙质的, 厚 600 m; 上部砂屑石灰岩和页岩 90~100 m, 顶部为 3~5 m 黑色页岩。Faumai 建造时代为老第三纪, 下部为薄层砂岩和粉砂质白云岩, 厚 200 m; 上部为石英岩, 厚 300~350 m, 顶部为含赤铁矿的厚层砂岩, 厚 40 m。Ainod 建造时代为新第三纪, 为泥晶灰岩, 含有孔虫等化石, 厚 800 m, 查亚峰顶由它组成(图版 I, 4~6)。

侵入岩为上新世含钾浅成中性岩, 属造山后岩浆^[8], 其岩石地球化学和同位素特点为: $w(\text{SiO}_2) =$



图 1 新几内亚岛大地构造(据文献[2~4]综合)

Fig. 1 Tectonic of New Guinea

①北海岸盆地地区,它们由第三纪的火山岩和沉积岩组成,上面叠加上上新世—更新世的盆地层序;②由蛇绿岩及高级变质岩所组成的混杂岩,即太平洋板块与澳大利亚板块汇聚的缝合带;③具有多期变形的 Derewo 变质岩带;④一条在中生代—老第三纪沉积层中的复杂逆冲断裂带;⑤一个 40~50 km 宽、轴面北倾的复向斜,它是由中生代—新生代冒地槽沉积层所组成,其核部为新第三纪灰岩;⑥一条由古生代地层组成的向南倒转的复背斜;⑦前陆冲断层域,其中既有中生代—新生代冒地槽沉积层,又有变形的新第三纪前陆磨拉石沉积层序

55%~57%, $\epsilon(\text{Nd})=8.2\sim18.2$, $w(^{87}\text{Sr})/w(^{86}\text{Sr})=0.705\,78\sim0.708\,87$, $w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})=17.27\sim18.29$, $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})=15.52\sim15.64$, $w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})=37.95\sim39.00$. 这些特点表明它是壳源(下地壳)岩浆侵位到地壳较高层位.

查亚峰位于复向斜核部,本身还有一系列次级褶皱及与褶皱轴平行的逆断层,查亚峰又是在一小向斜近核部,故产状较为平缓(图 2).

3 查亚峰隆升过程及成山机制

查亚峰属年轻碰撞造山带,Abbott 等^[9]提出年轻碰撞造山带的隆升是一广泛概念,它包括岩石隆升(rock uplift)、一个点的构造隆升(tectonic uplift at a point)、折返(exhumation)和构造表面的隆升(tectonic surface uplift)4 种类型. 岩石隆升系指和海平面或大地水准面相关的某岩石的全部位移,它是构造成因和

均衡作用所致;一点的构造隆升乃部分岩石的抬升,其成因都是构造所驱动;折返是侵蚀和剥蚀的总和,它是追踪岩石向地壳表面的位移,所以和岩石及构造抬升不同,它的测量不记录高度的变化;构造表面隆升是地球表面宽区域(>1 000 km²)的相对海平面或大地水准面的平均位移,它也只能是构造活动所造成的,也可以说是—定区域(>1 000 km²)所有点的平均隆升. 因此,既要研究一点的岩石隆升和构造隆升,也要探讨区域隆升情况,还要分析折返情况,并且要讨论各种隆升之间的关系,总结出一些规律性的认识.

3.1 隆升和剥露过程

查亚峰顶是上新世海相灰岩,所以它的隆升是第四纪以来发生的. 它现在的高程是 5 030 m,经区域地层对比,现出露岩层不是上新世最高层位,如果加上已被剥蚀岩层厚度与水深,初略估算第四纪以来岩石隆升 6 000 m 以上. 查亚峰附近的新第三纪 Ertsberg 侵入体的 8 块岩浆岩样品的磷灰石裂变径



图 2 查亚峰及邻区地质图(据文献[6]简化)

Fig. 2 Geological map of Peak Jaya and its adjacent area

1. 第四纪冲积层; 2. 上新世侵入体; 3. 新第三纪 Ainod 地层; 4. 老第三纪 Faumai 地层; 5. 白垩纪 Kembelangan 地层; 6. 砂卡岩矿床; 7. 背斜轴; 8. 向斜轴; 9. 逆断层; 10. 断层

迹年龄介于 (3.7 ± 0.9) Ma 和 (2.0 ± 0.3) Ma ($\pm 1\sigma$) 之间, 据裂变径迹长度特点分析, 此年龄应为岩浆侵位结晶年龄^[4]. 岩体为浅成岩, 侵位深度约 2 km, 现在高度接近 5 000 m, 如果取岩体测试年龄平均值 2.8 Ma, 则 2.8 Ma 以来岩石隆升了近 7 000 m, 平均隆升速率为 2.5 mm/a, 与前面按地层抬升估算所得数据近似. 因岩体已露出地表, 说明 2.8 Ma 以来岩体上覆 2 000 m 的地层已被剥掉, 其剥蚀速率为 0.7 mm/a. Weiland 等^[4]还在查亚峰南三叠—侏罗系和石炭—二叠系中取得 7 块碎屑磷灰石样品, 以及来自出露在山岭南坡半山腰的两条火成岩墙的磷灰石所产生的合并裂变径迹年龄介于 (2.7 ± 0.7) Ma 和 (2.0 ± 0.5) Ma ($\pm 1\sigma$) 之间, 平均 2.3 Ma, 据径迹长度特征分析其冷却是缓慢的, 代表了岩石隆升的年龄. 对碎屑磷灰石由物源区裂变—径迹的完全重新调定, 要求埋深须大于 4 km. 根据 Weiland 等^[4]的所测资料计算, 2.3 Ma 以来岩石由 4 km 深处上升至现在高度 2 500 m, 共隆升了 6 500 m, 其隆升速度为 2.8 mm/a. 由于 2.3 Ma 剥去了 4 km 的上覆地层, 其剥蚀速率为 1.7 mm/a.

3.2 成山机制探讨

查亚峰是新几内亚中央山脉的一部分, 故首先要了解这一地区是怎样隆起的, 然后研究这一隆起

地区怎样成为中央山脉以及查亚峰成为山脉中的最高峰.

新几内亚是新生代造山带, 它经历了两次重大的构造—热事件: 第一次是太平洋板块向澳大利亚板块俯冲, 毕尼奥夫带向 SW 倾斜, 形成 Melanesian 岛弧, 在俯冲过程中形成一条清楚的 20~10 Ma 深成岩体的岩带, 从东部巴布亚新几内亚北部高地到西部伊里安查亚广泛分布; 第二次是自中新世以来, 由于澳大利亚大陆北部被动边缘碰撞俯冲到 Melanesian 岛弧之下, 俯冲面向北倾斜. 俯冲过程中形成一系列钾质中性侵入体, 其 K—Ar 年龄为 6.0~1.8 Ma, 磷灰石裂变径迹年龄为 3.7~2.0 Ma; 继之而来的是区域 km 规模的褶皱作用, 形成复背斜和复向斜. 正是这次澳大利亚大陆北部被动边缘碰撞俯冲到 Melanesian 岛弧之下, 形成了广阔的褶皱隆起, 可称之为中央隆起区(图 3a). 中央隆起区又是怎样发展成中央山脉的呢? 通过地质和同位素年代对比, 中央隆起北部(复向斜)并不是岩石隆升幅度最大和隆升速率最快的地区; 相反, 中央隆起南部(复背斜)地区隆升幅度和隆升速率更大, 如查亚峰地区岩石隆升幅度为 7 000 m, 隆升速度为 2.5 mm/a, 而其南部(相当复背斜与复向斜交接部位)岩石隆升幅度近 8 000 m, 隆升速率为 2.8 mm/a, 向东的



图 3 查亚峰地质演化示意

Fig. 3 Diagram showing the geological evolution of Peak Jaya

N₂. 上新统; R. 第三系; Mz. 中生界; Pz. 古生界; Pre-Є. 前寒武系

D'Entrecasteaux 岛的剥蚀速率更大, 达 10 mm/a^[10,11]. 但由于南部紧邻俯冲断裂带, 构造应力大, 岩石破碎强烈, 加上复背斜核部为张应力区, 张节理特别发育, 加速了风化剥蚀作用; 而查亚峰地区远离俯冲断裂带, 又是复向斜核部, 那里为压应力区, 不易风化剥蚀. 这样, 久而久之, 使复向斜地区成为雄伟的中央山脉(图 3b). 查亚峰的南部又是全岛剥露最深的地区, 以致使前寒武纪绿片岩相的岩石出露地表. 根据上覆岩层厚度计算, 已剥蚀的深度达 9 km. 一些研究表明, 当岩石圈上部剥蚀或拉开卸载时, 会导致岩石圈的不平衡, 从而引起均衡抬升. 在受到强烈切割的山脉地区, 尽管平均海拔高程下降, 但局部山峰或脊峰的海拔却会绝对上升, Molnar 等^[12]认为受侵蚀切割的山区的最高峰可以比侵蚀前现存的地形面平均海拔高出两倍多. Weiland 等^[4]还根据查亚峰附近 Gunung Gijih (Ertsberg) 矿区气象站统计, 年降雨量为 3 m/a, 而复背斜核部附近气象站资料, 年降雨量多达 11 m/a, 由于山岳产生的降雨量分布不均一, 加速了复背斜地区剥蚀作用. 正是这种强烈的切割和剥蚀作用, 促使查亚峰成为中央山脉中的最高峰, 而且现在仍处于隆升之中.

4 结语

(1)查亚峰及邻近地区位于太平洋板块、澳大利亚板块、东南亚板块、菲律宾板块、所罗门海板块等不同规模的数个板块的交汇处, 故构造应力集中, 构

造变动强烈. (2)查亚峰及邻近地区由于中新世以来, 澳大利亚大陆北部被动边缘俯冲碰撞到 Melanesian 岛弧之下, 在俯冲带之上形成褶皱隆起区——中央隆起区. (3)中央隆起区在内外力结合下, 发生强烈的、不均一的切割剥蚀作用, 在靠近俯冲带的复背斜地区切割剥蚀强烈, 成为相对较低的地形; 而复向斜地区成为现今的中央山脉. (4)查亚峰 2.8 Ma 以来岩石隆升近 7 000 m, 隆升速率为 2.5 mm/a, 剥蚀速率 0.7 mm/a; 其南坡腰部 2.3 Ma 以来, 岩石隆升幅度 6 500 m, 隆升速率 2.8 mm/a, 剥蚀速率 1.7 mm/a; 南坡底部是全岛切割剥蚀最剧烈的地段, 剥蚀深度超过 9 km. 在均衡抬升作用强烈影响下, 查亚峰成为大洋洲的最高峰.

参考文献:

[1] Giddings J W, Sunata W, Pigram C. Reinterpretation of palaeomagnetic result from the Bird's Head, Irian Jaya: new constraints on the drift history of the Kemum terrane [J]. *Exploration Geophysics*, 1993, 24: 283~290.

[2] Puntodewo S S O, McCaffrey R, Calais E, et al. GPS measurements of crustal deformation within the Pacific-Australia plate boundary zone in Irian Jaya, Indonesia [J]. *Tectonophysics*, 1994, 237: 141~153.

[3] McDowell F W, McMahon T P, Warren P Q, et al. Pliocene Cu-Au-bearing igneous intrusions of the Gunung Bijih (Ertsberg) district, Irian Jaya, Indonesia: K-Ar geochronology [J]. *The Journal of Geology*, 1996, 104: 327~340.

[4] Weiland R J, Cloos M. Pliocene - Pleistocene asymmetric unroofing of the Irian fold belt, Irian Jaya, Indonesia: apatite fission-track thermochronology [J]. *Geology Society of America Bulletin*, 1996, 108(11): 1438~1449.

[5] Nash C R, Artmont G, Gillan M L, et al. Structure of the Irian Jaya mobile belt, Irian Jaya, Indonesia [J]. *Tectonics*, 1993, 12(2): 519~535.

[6] Mertig H J, Rubin J N, Kyle R. Sharn Cu-Au orebodies of the Gunung Bijih (Ertsberg) district, Irian Jaya, Indonesia [J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1994, 50: 179~202.

[7] George D, MacDonald L, Clark Arnold. Geological and geochemical zoning of the Grasberg igneous complex, Irian Jaya, Indonesia [J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1994, 50: 143~178.

[8] Housh T, James E, McMahon T. Isotopic constraints "post-orogenic" magmatism in the central ranges of Irian

Jaya, Indonesia [J]. American Geophysical Union, 1994, 75(Suppl): 739.

[9] Abbott L D, Silver E A, Anderson R S, et al. Measurement of tectonics surface uplift rate in a young mountain belt [J]. Nature, 1997, 385 (6616): 501 ~ 507.

[10] Abers G A. Shallow dips of normal faults during rapid extension: earthquakes in the Woodlark-D'Entrecasteaux rift system, Papua New Guinea [J]. Journal of Geophysical Research, 1997, 102: 15301~15317.

[11] Baldwin S L, Lister G S, Hill E J, et al. Thermo-chronologic constraints on the tectonic evolution of active metamorphic core complexes, D'Entrecasteaux Islands, Papua New Guinea [J]. Tectonics, 1993, 12: 611~628.

[12] Molnar P, England P. Late Cenozoic uplift of mountain ranges and global climate change: chicken or egg? [J]. Nature, 1990, 346: 29~34

图 版 说 明

图 版 I

- 1 老第三纪 Faumai 建造下部地层,队员们从这里开始攀登顶峰.
- 2 老第三纪 Faumai 建造上部地层,队员们正在翻越陡壁.
- 3 越过了 Faumai 地层,队员把目光瞄准顶峰.
- 4 由新第三纪 Ainod 建造组成的查亚峰雄姿.
- 5 查亚峰顶平缓的灰岩层理和陡峻的劈理.
- 6 登顶成功,王勇峰激动地展现出中国地质大学红旗.

MOUNTAIN BUILDING AND EVOLUTION OF PEAK JAYA, OCEANIA

Li Zhixin¹ Wang Yongfeng¹ Yang Weiran²

(1. Mountain Climbing Association of China, Beijing 100061, China; 2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The Peak Jaya and its neighboring areas within the New Guinea island in Oceania are located at the junction of several lithospheric plates: Pacific plate, Australian plate and Southeast Asian plate. In the Peak Jaya are present a concentration of tectonic stress, an intensification of tectonic disturbance and a complicate tectonic evolution history. The mountain building of Peak Jaya is a product of subduction of north Australian passive continental margin into the area below the Melanesian island arc since the Miocene. Since 2.8 Ma, the rock uplift amplitude of the Peak Jaya has reached about 7 000 m with the uplift rate 2.5 mm/a and the exhumation rate 0.7 mm/a. Based on the dating of the Carboniferous-Permian obtained in the southern slope of Peak Jaya, the rock uplift amplitude has reached, since 2.3 Ma, 6 500 m with the uplift rate 2.8 mm/a and exhumation rate 1.7 mm/a. Further to the south, there exists a greenschist domain of probably Precambrian. The exhumation rate there has reached a faster rate, since the exhumed depth has already reached 9 km, the deepest part of the whole island. It is this violent down-cutting and exhumation that has made Peak Jaya the highest peak in Oceania by means of equilibrium elevation.

Key words: uplift; exhumation; Peak Jaya; Oceania.