

doi: 10.3969/j.issn.1007-3701.2013.03.002

## 四川广元三堆地区飞来峰的构造特征及其形成演化

韩文文<sup>1</sup>, 李 杨<sup>2</sup>

HAN Wen-Wen<sup>1</sup>, LI Yang<sup>2</sup>

(1.核工业二八〇研究所, 四川 广汉 618300; 2.成都理工大学沉积研究院, 成都 610059)

(1. No. 280 Institute of CNNC, Guanghan 618300, Sichuan, China;

2. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**摘要:**龙门山造山带以发育飞来峰构造为国内外地质学者所瞩目,前人对其进行了较为深入的研究,并取得了卓越成果,但是对飞来峰的性质、成因机制和形成演化等重大地质问题仍存在较大争议。本文基于广元三堆地区区域地质调查、室内资料分析整理,对飞来峰构造进行研究。认为三堆地区飞来峰构造是由 NW 向 SE 方向逆冲推覆岩片形成。飞来峰具有“多层楼式”结构,其中三门垭下层飞来峰体以谢家沟断层( $F_1$ )为主滑动面的推覆体为根带,形成时代明显比上层飞来峰体更早,发育时间应该在前燕山期,并经历后期喜山运动的改造。以泥盆系等地层组成的飞来峰体根带被梨树坝断层( $F_1$ )掩盖,形成时间为喜山期,与山前磨拉石(大邑砾岩)堆积时期同期,即上新世( $N_2$ )-早更新世( $Q_1$ )。

**关键词:**飞来峰;推覆构造;后展式;喜山期;三堆地区;四川广元

**中图分类号:** P542+.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-3701(2013)03-177-06

**Han W W and Li Y. Characteristics and evolution of klippe structure in Sandui area, Guangyuan, Sichuan province. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2013, 29(3):177-182.**

**Abstract:** Varous klippe structures are found in Longmenshan orogenic belt and attracted the attention of geologists and a number of perspectives are provided for formation mechanism of those structures. However, some detail about property, genetic mechanism and evolution of those klippe are debated. Based on the field geologic investigation, the mechanisms, evolution and formation time of klippe in Sandui area, Guangyuan, Sichuan province, are analyzed. The klippe were formed during the nappe process from Northwest to southeast. Root of the lower klippe in Sanmengya area, composed of Cambrian strata, is located in Xiejiagou thrust nappe. The lower part was formed much earlier than the upper part of the klippe, may be earlier than Yanshanian, and destroyed by Himalayan activities. Root of the upper klippe, composed of Silurian strata, is covered by Lishuaba thrust nappe. The upper klippe is synchronic to foreland molasse (Dayi conglomerate) accumulation, which was formed in Pliocene ( $N_2$ )-early Pleistocene ( $Q_1$ ).

**Key words:** klippe; nappe; post-spreading style; Himalayan; Sandui area; Guangyuan, Sichuan

龙门山分布众多的飞来峰与欧洲阿尔卑斯山 时间、成因演化等做过很多有价值的研究,取得了  
飞来峰齐名<sup>[1]</sup>。前人对于龙门山飞来峰的根带、形成 卓越成果。对于龙门山飞来峰形成原因归纳起来

收稿日期:2012-11-23;修回日期:2013-05-31.

基金项目:川滇黔相邻地区地质矿产调查(1212011120615).

第一作者:韩文文,(1985—)男,硕士,助理工程师,主要从事构造地质学和铀矿地质研究,Email:252908089@qq.com.

有四种,第一种观点认为飞来峰是松潘-甘孜褶皱带与扬子板块挤压碰撞,在逆冲断裂下盘扬子板块上推挤出来许多泥盆系至二叠系岩体,然后经过风化剥蚀作用形成飞来峰<sup>[2-3]</sup>;第二种观点认为飞来峰是由于重力滑覆作用形成的地质体<sup>[4-5]</sup>;第三种就是融合了前面两种成因观点,认为飞来峰早期被逆冲推覆到一定高度后,受重力滑覆作用到现今位置,经过风化剥蚀形成孤立的地质体<sup>[6-7]</sup>;第四种观点根据龙门山飞来峰底界具有冰雪堆积层得出飞来峰是由第四纪冰川搬运作用形成<sup>[8]</sup>。本文中“飞来峰”是指与周围下伏岩系在物质组成和构造等地质特征方面都不相同,并且在建造成因上也完全无关的孤立岩块,其就位机制可能有多种<sup>[9]</sup>,本文飞来峰大多是逆掩推覆作用形成的地质体。

1 区域地质概况

龙门山造山带位于四川盆地的西北边缘,呈

NE-SW 展布,在北西侧与松潘-甘孜褶皱带紧靠,在南东侧与扬子地台接壤,北东侧被秦岭构造带斜截,其南西侧与康滇地轴相连。根据地理位置由南向北分为南、中、北三段;安县以北为龙门山北段,都江堰以南为龙门山南段,二者之间为中段。龙门山北段以出露基底混杂岩和唐王寨推覆-滑覆体,以及发育飞来峰构造及其前缘为叠瓦扇式逆冲断层系为主要特征<sup>[2]</sup>。龙门山造山带自西向东发育有三条大断裂:汶川-茂县断裂(后山断裂)、映秀-北川断裂(中央断裂)、安县-都江堰断裂(前山断裂);这三条主干断裂以中央断裂将龙门山造山带分为了前龙门山造山带和后龙门山造山带,前龙门山地层属于扬子地层分区,而后龙门山地层属于松潘-甘孜褶皱系地层区。这三条主干断裂在碰撞造山活动以来,推覆构造由 NW 向 SE 逆冲推覆运动,其中伴随着“右旋”剪切滑动作用的构造特征<sup>[10]</sup>。

研究区位于广元市水磨乡-三堆镇一带(图 1),在平面上呈椭圆状孤立的地质体沿 NE-SW 带状

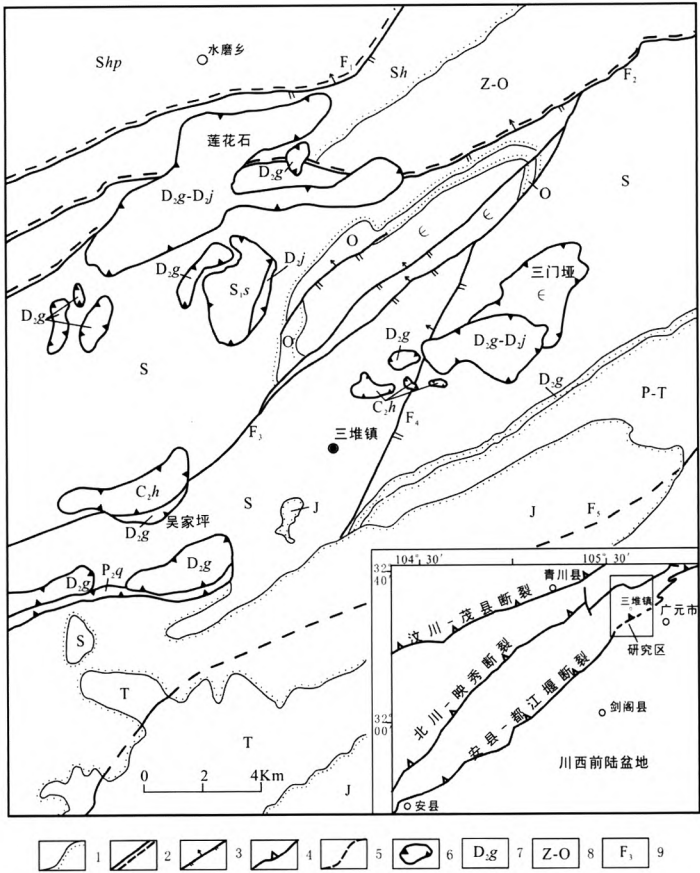


图1 广元三堆地区构造纲要图

Fig. 1 The compendium map of Sandui Area of Guangyuan, Sichuan

1-不整合界线;2-脆韧性断层;3-逆断层;4-区域大断裂;5-隐伏断层;6-飞来峰;7-地层代号;8-构造层;9-主干断层编号。P<sub>2</sub>q:栖霞组;C<sub>4</sub>h:黄龙组;D<sub>2</sub>g:观雾山组;D<sub>2</sub>j:金宝石组;S<sub>1</sub>s:石牛栏组;Sh:滑天坡组;Shp:黄坪组;J:侏罗系;P-T:二叠系-三叠系;S:志留系;O:奥陶系;C:寒武系;Z:震旦系。

分布在前龙门山造山带,横跨中央断裂( $F_2$ ),位于梨树坝断裂( $F_1$ )、前山断裂( $F_3$ )两条近于平行的断裂(带)之间。这些断裂带都由不同数量的断裂组合而成,形成叠瓦状构造;各断裂在地表倾角往往较陡,向下逐渐变缓,构成犁式断层,最后都汇聚到最下面一条基底断层之上<sup>[1]</sup>。

飞来峰体主要由古生界较强岩性的碳酸盐岩、石英砂岩等组成,内部发育宽缓的褶皱构造,具有上下叠置的“多层楼式”<sup>[4]</sup>结构关系;下伏系统主要为志留系软弱岩性的泥页岩及粉砂岩组成,内部构造变形强烈。飞来峰下伏断层带发育小型牵引揉皱、破劈理及节理等构造,层-劈关系与揉皱构造都指示飞来峰是由 NW 向 SE 逆冲推覆运动,除了地层组成有差别外,形成机制和变形特征上是由推覆岩片构成。飞来峰具有新地层盖在老地层之上,也有老地层盖在新地层之上。该区飞来峰主要分布在莲花石、三门垭、吴家坪等处,下面分别介绍各飞来峰特征。

2 飞来峰内部构造变形特征

2.1 莲花石飞来峰

莲花石飞来峰由大大小小的多个飞来峰组成,其主体长约 10 km,宽约 4 km,总体呈 NE-SW 向展布,与区域构造线大致相同。飞来峰主要由泥盆系金宝石组( $D_j$ )石英砂岩和观雾山组( $D_{2g}$ )灰岩组成,在构造上为一些宽缓褶皱构造,并且褶皱北东翼产状比南东翼稍陡,褶皱轴面倾向 NW(图 2)。在飞来峰下伏断层带内发育断层泥、构造透镜体及破劈理。其中劈理面与层理面呈小角度相交,都倾向 NW,但倾角较层理面偏陡,这种层-劈关系正是由于上覆飞来峰体由 NW 向 SE 逆冲推覆运动所形成<sup>[9]</sup>。断层两侧岩石破碎呈棱角状镶嵌,大小 5~10 cm;稍远发育密集的节理及小型揉皱构造,运动学方向为由 NW 向 SE 逆冲推覆运动。在断层附近地层受力弯曲变形,形成褶皱构造,其轴面也倾向 NW。莲花石

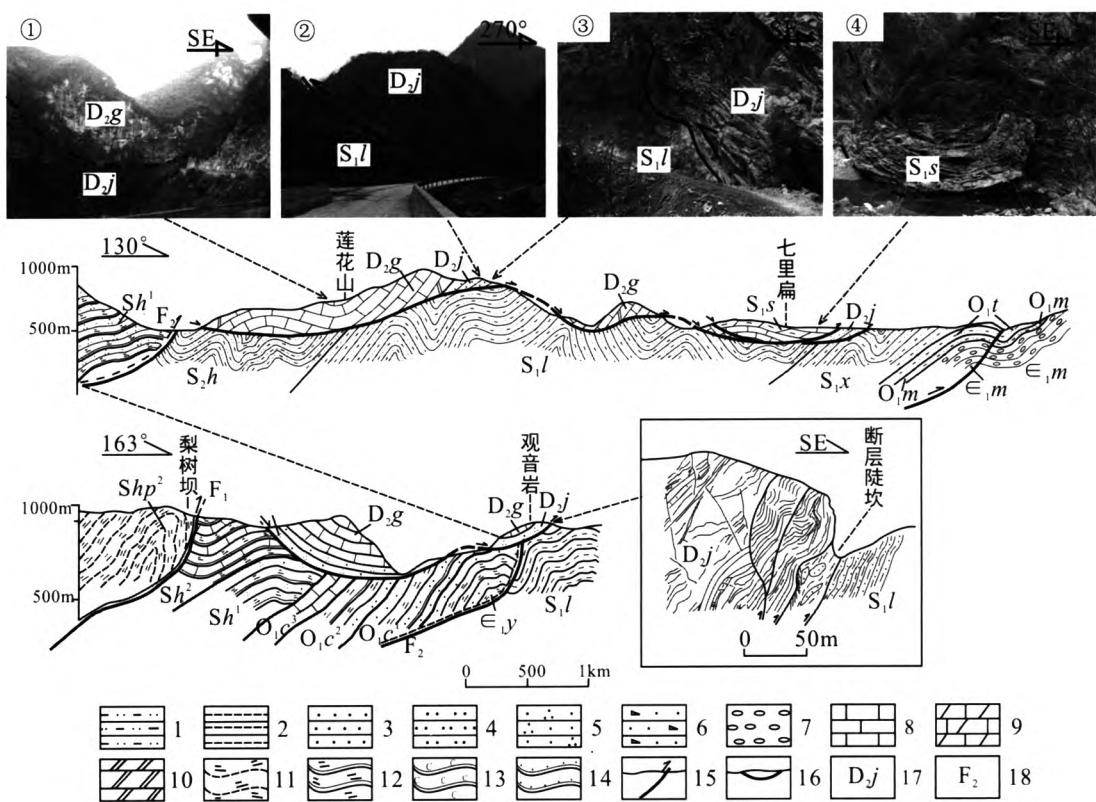


图2 莲花石飞来峰构造剖面图

Fig. 2 Geological section of Lianhuashi Klippe, Sandui area, Guangyuan, Sichuan

①-飞来峰内部向斜构造;②-飞来峰前锋揉皱构造;③-飞来峰下伏断层构造;④-飞来峰前锋滑覆褶皱构造;1-粉砂质页岩,2-页岩,3-细砂岩,4-粉砂岩,5-石英砂岩,6-岩屑砂岩,7-砾岩,8-灰岩,9-白云质灰岩,10-白云岩,11-绢云母千枚岩,12-绢云母板岩,13-炭质板岩,14-粉砂质板岩,15-逆断层,16-飞来峰,17-地层代号,18-主干断层编号; $D_{2g}$ :观雾山组, $D_j$ :金宝石组, $S_{2h}$ :韩家店组, $S_{2s}$ :石牛栏组, $S_{2l}$ :罗惹坪组, $S_{2x}$ :新滩组, $Sh^1$ :滑天坡一段, $O_{2c}^1$ 、 $O_{2c}^2$ 、 $O_{2c}^3$ :陈家坝组一、二、三段, $E_{2y}$ :油房组。

飞来峰内部构造都指示了飞来峰是由 NW 向 SE 方向推覆运动。

在莲花石飞来峰主峰南西侧,零星地分布一些较小岩体,主要为碳酸盐岩组成,长 1~3 km,宽 0.5~2 km,面积小于 4 km<sup>2</sup>。其飞来峰内部组成除了具有观雾山组和金宝石组灰岩之外,还有石牛栏组泥灰岩,内部发育为单斜构造、宽缓背斜构造。在七里扁附近飞来峰前锋具有滑覆揉皱构造,底部滑动断层为勺状,说明飞来峰前锋还具有重力滑覆作用。

综上,莲花石飞来峰是由推覆岩片在推覆力的作用下由 NW 向 SE 方向运动形成,其前锋带发生

重力滑覆作用。由于飞来峰横跨中央断裂(F<sub>2</sub>),说明飞来峰的根带被梨树坝断裂(F<sub>1</sub>)掩盖。

2.2 三门垭飞来峰

三门垭飞来峰长约 9 km,宽约 3 km,在平面上呈椭圆状,在飞来峰南西侧零星的散落小型残体,面积小于 1 km<sup>2</sup>。该飞来峰在构造上为宽缓向斜构造,其下伏系统主要为志留系新滩组的泥页岩及粉砂岩组成,主要为塑性变形。飞来峰内部由不同变形特征、不同时代地层的两套独立的地质块体叠置构成,二者之间被断层分割,组成“多层楼式”结构(图 3),可分为下飞来峰体和上飞来峰体。

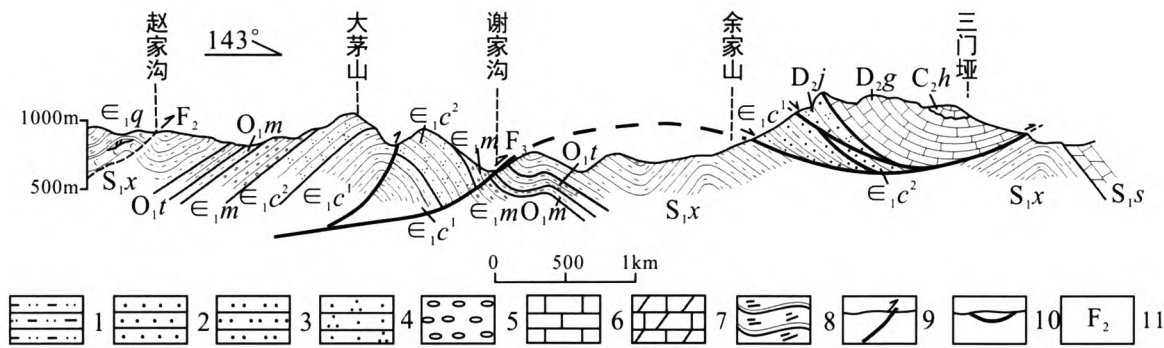


图3 三门垭飞来峰构造剖面图

Fig. 3 Geological section of Sanmengya Klippe, Sandui area, Guangyuan, Sichuan

1-粉砂质页岩,2-细砂岩,3-粉砂岩,4-石英砂岩,5-砾岩,6-灰岩,7-白云质灰岩,8-绢云母千枚岩,9-逆断层,10-飞来峰,11-主干断裂编号;C<sub>2</sub>h:黄龙组,D<sub>2</sub>g:观雾山组,D<sub>2</sub>j:金宝石组,S<sub>1</sub>s:石牛栏组,S<sub>1</sub>x:新滩组,O<sub>1</sub>t:谭家沟组,O<sub>1</sub>m:湄潭组,C<sub>1</sub>m:磨刀垭组,C<sub>1</sub>c<sup>1</sup>、C<sub>1</sub>c<sup>2</sup>:长江沟组一、二段,€<sub>1</sub>q:邱家河组。

下飞来峰体形成时代明显早于上飞来峰体,且内部岩石较上飞来峰变形更强。其地层主要为寒武系长江沟组的石英砂岩、泥质粉砂岩组成,内部为一宽缓直立向斜构造,两翼产状正常,北东翼略陡于南东翼,枢纽为 NE-SW 走向。下飞来峰体的南西侧被上飞来峰体覆盖,破坏了下飞来峰的南东翼。根据断层前锋和后缘特征,底部断层面在空间上为勺状。在飞来峰与下伏系统之间的断层接触带内发育有构造角砾岩,断层带岩石破碎,发育破劈理及各种揉皱构造,无论是面理产状还是褶皱轴面产状均倾向 NW,显示了飞来峰是由 NW→SE 逆冲推覆运动。在飞来峰前锋地层弯曲翘起,产状由平缓变为直立,显然是飞来峰在前进过程中受到下伏系统的阻挡褶皱弯曲。

上飞来峰体长 5 km 左右,宽约 3 km,其北东侧叠置在下飞来峰体之上。飞来峰内部成分由泥盆系金宝石组、观雾山组和石炭系黄龙组组成,其岩性主要为灰岩、白云岩、石英砂岩等强硬岩层;在构造上同样为宽缓向斜构造,北西翼比南东翼产状略陡,轴面倾向 NW。在与下飞来峰体接触的断层带内发育有断层泥及构造角砾岩,两侧岩体强烈变形,发育“X”型剪节理,节理面较为平直。

总的来说,上飞来峰体相对下飞来峰变形简单、变形较弱;根据轴面和断层面产状,飞来峰是由 NW→SE 逆冲推覆运动。下飞来峰体的根带被谢家沟断层(F<sub>3</sub>)掩盖,作为该推覆体前锋经过风化剥蚀形成飞来峰构造,其形成时间应该在前燕山期;而上飞来峰体与莲花石飞来峰的根带相同,其形成时

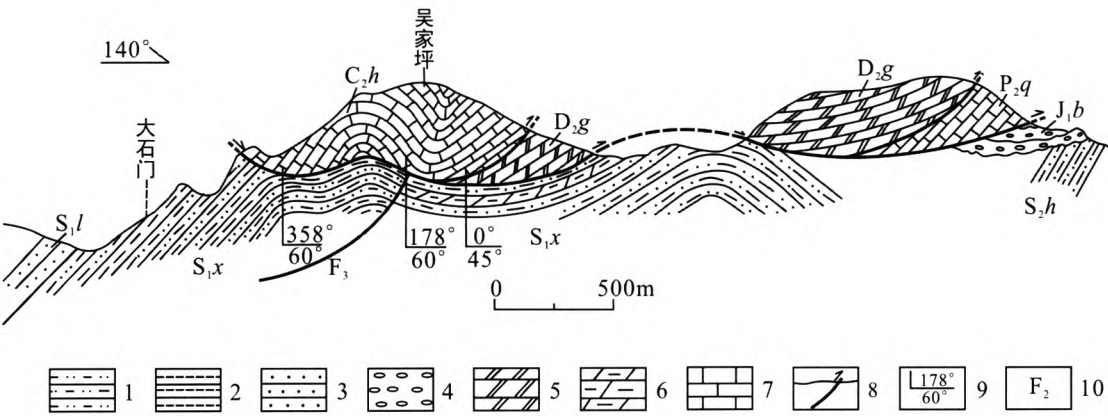


图4 吴家坪飞来峰剖面图

Fig. 4 Geological section of Wujiaping Klippe, Sandui area, Guangyuan, Sichuan

1-粉砂质页岩,2-泥页岩,3-砂岩,4-砾岩,5-白云岩,6-泥灰岩,7-灰岩,8-逆断层,9-产状,10-主干断裂编号;J<sub>1</sub>b:白田坝组,P<sub>2</sub>q:栖霞组,C<sub>2</sub>h:黄龙组,D<sub>2</sub>g:观雾山组,S<sub>1</sub>l:罗惹坪组,S<sub>1</sub>x:新滩组.

间较新,应在喜山期。

2.3 吴家坪飞来峰

吴家坪飞来峰在平面上呈椭圆形,长约 4 km,宽约 2 km,整体呈 NE-SW 向展布。飞来峰内部由黄龙组、观雾山组和栖霞组灰岩组成,各地层之间被一条逆冲断层分开,断层面倾向 NW,形成了一个叠瓦式逆冲推覆构造(图 4)。飞来峰内部发育了一个轴面 E-W 走向的宽缓直立背斜构造,以及一个轴面倾向北、倾角 83°的斜歪向斜构造,在观雾山组内部为倾向 NW 的单斜地层,产状由北向南逐渐变陡。该飞来峰前锋覆盖在侏罗系白田坝组碎屑岩之上,内部走向为 NW-SE 的宽缓向斜构造,北西翼较平缓,南东翼稍陡,向斜轴面倾向南东。

飞来峰与下伏新滩组泥页岩之间的断层面弯曲褶皱,断层带发育断层泥、构造透镜体。断层两侧岩石破碎,泥页岩内部发育破劈理及“X”剪节理,劈理面与地层之间夹角关系指示飞来峰体由 NW→SE 方向逆冲推覆运动;节理面赤平投影求得最大主应力方向为 315°∠50°,与该地区主要构造应力方向相匹配。

吴家坪飞来峰构造的前锋盖在侏罗系碎屑岩之上,说明其形成时间应该为喜山期,可能与龙门山山前大规模磨拉石堆积(如“大邑砾岩”<sup>[12]</sup>)的形成时期同期(即“大邑砾岩”很可能是龙门山大规模推覆造山时的沉积响应)。由此推断飞来峰的形成时间可能为上新世(N<sub>2</sub>)–早更新世(Q<sub>1</sub>)。

3 三堆飞来峰的形成演化

三堆飞来峰的内部褶皱构造和断层面附近的揉皱构造,都说明了其飞来峰具有推覆挤压的特征,在飞来峰前锋具有重力滑覆特点。推覆挤压形成的推覆体,其断坪顺层发育,产出于岩性较软弱的岩层之中或岩性差异明显的界面,为一低强度高应变带<sup>[13]</sup>。推覆岩片作为硬性块体,在受到推覆挤压力作用下,在软弱易滑动的地层上发生运动,减少了滑动过程产生的阻力。这些推覆体经过风化剥蚀作用形成了飞来峰。

三门垭飞来峰的下飞来峰体,作为以谢家沟断层(F<sub>3</sub>)为主滑动面的推覆体前锋,经过风化剥蚀形成飞来峰,发育时间应该在前燕山期,还经历了喜山运动的后期改造。三门垭上飞来峰体及以泥盆系地层为主的飞来峰的根带被梨树坝断层(F<sub>1</sub>)掩盖,该断裂新构造活动强烈(5.12 汶川大地震的主要活动断层),形成的推覆岩片经过风化剥蚀形成飞来峰,并与三门垭下飞来峰形成叠置关系。该期飞来峰形成时间可能与龙门山山前大规模磨拉石堆积(如“大邑砾岩”)的形成时期有关,由此推断该飞来峰的形成时间为喜山期,可能为上新世(N<sub>2</sub>)–早更新世(Q<sub>1</sub>)。

三堆地区的飞来峰作为构造推覆岩片,其演化过程体现了推覆构造的“后展式”扩展方式(图 5)。



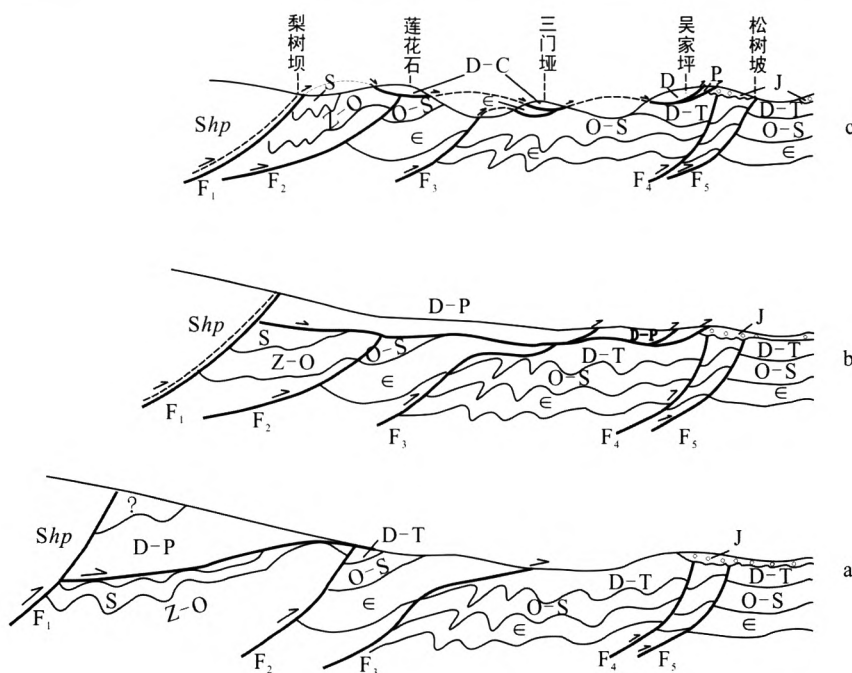


图5 三堆飞来峰形成演化模式图

Fig. 5 Formation and evolution model of the Sandui Klippe, Guangyuan, Sichuan

Shp: 黄坪组, J: 侏罗系, P: 二叠系, T: 三叠系, C: 石炭系, D: 泥盆系, S: 志留系, O: 奥陶系, G: 寒武系, Z: 震旦系,  $F_1 \cdots F_5$  对应图1中的各主干断层。

## 4 结论

对三堆飞来峰构造研究得出以下结论:

(1) 根据三堆飞来峰内部构造特征以及断层两侧构造性质得出飞来峰主要是逆冲推覆作用形成, 前锋存在重力滑覆作用。

(2) 三门垭下飞来峰体的根带为以谢家沟断层 ( $F_3$ ) 为主滑动面的谢家沟推覆体, 发育时间应该在前燕山期, 并经历喜山运动的改造。

(3) 三门垭上飞来峰体以及其他飞来峰跟带被梨树坝断层掩盖, 形成时间可能为上新世 ( $N_2$ )—早更新世 ( $Q_1$ )。

(4) 三堆飞来峰作为构造推覆岩片, 其演化过程体现了推覆构造的“后展式”扩展方式。

### 参考文献:

- [1] 李晓琴, 殷继成. 龙门山国家地质公园建立及旅游资源评述[J]. 中国地质, 2002, 29(4): 445-448.
- [2] 罗志立, 赵锡奎, 刘树根, 等. 龙门山造山带的崛起和四川盆地的形成与演化 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1994.

- [3] 赵友年, 赖祥符, 俞如龙. 龙门山推覆构造初步研究[J]. 四川地质学报, 1985, 5: 12-27.
- [4] 陶晓风. 四川芦山中林地区飞来峰的特征及形成演化[J]. 成都理工大学学报, 1996, 23(2): 69-73.
- [5] 林茂炳, 苟宗海, 吴山. 龙门山地质考察指南[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1997.
- [6] 韩建辉. 龙门山中段清平飞来峰的厘定及形成演化[D]. 成都: 成都理工大学, 2006: 40-75.
- [7] 宋春彦, 何利, 刘顺. 龙门山南段飞来峰构造变形及形成演化[J]. 华南地质与矿产, 2009, 25(1): 55-56.
- [8] 周自隆, 阮明德. 龙门山国家地质公园飞来峰成因的新证据[J]. 地质评论, 2006, 52(4): 501-509.
- [9] 林茂炳. 初论龙门山推覆构造带的基本结构样式[J]. 成都理工学院学报, 1994, 21(3): 1-7.
- [10] 林茂炳. 初论陆内造山带的造山模式——以龙门山为例[J]. 四川地质学报, 1996, 16(3): 193-198.
- [11] 马永元, 杨尽. 龙门山中段推覆构造的变形特征[J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(3): 236-240.
- [12] 莫熊, 赵兵. 四川名山建山大邑砾岩沉积特征及地层时代[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(4): 72-78.
- [13] 朱志澄. 逆冲推覆构造[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989.