

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2022.08.008

# 川西龙门山北段唐王寨-仰天窝复式向斜辉绿岩脉侵位年代的限定

丁啸<sup>1</sup>, 李忠权<sup>1,2\*</sup>, 李嘉宁<sup>1</sup>, 李洪奎<sup>1</sup>, 陈骁<sup>3</sup>, 刘冉<sup>3</sup>, 杨渊宇<sup>1,3</sup>, 应文峰<sup>1,3</sup>DING Xiao<sup>1</sup>, LI Zhongquan<sup>1,2\*</sup>, LI Jianing<sup>1</sup>, LI Hongkui<sup>1</sup>, CHEN Xiao<sup>3</sup>, LIU Ran<sup>3</sup>, YANG Yuanyu<sup>1,3</sup>, YING Wenfeng<sup>1,3</sup>

1. 自然资源部构造成矿成藏重点实验室(成都理工大学), 四川 成都 610059;

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 四川 成都 610059;

3. 中国石油西南油气田分公司, 四川 成都 610051

1. Key Laboratory of Tectonic Controls on Mineralization and Hydrocarbon Accumulation, Ministry of Natural Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;

2. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;

3. CNPC Southwest Oil and Gas Field Branch, Chengdu 610051, Sichuan, China

**摘要:**唐王寨-仰天窝复式向斜是川西龙门山前山构造带中一个典型的滑覆构造,在其北东部位发育6条辉绿岩脉,限定其侵位时间有助于理解龙门山北段的构造演化。为了厘定辉绿岩脉的侵位时间,通过野外地质调查和区域构造的形成、演化、叠置、切割等关系研究,对辉绿岩脉侵位的下限年龄进行地质年代的限定。研究结果表明:①晚三叠世须家河组与侏罗系陆相碎屑岩在龙门山前山复杂断褶带中都呈平行或角度不整合覆盖于早泥盆世、石炭纪、二叠纪及早中三叠世海相地层之上,唐王寨-仰天窝复式向斜形成于中三叠世之后的印支期—燕山期;②唐王寨-仰天窝复式向斜坐落在大片志留系软弱页岩层之上,接触面上未见断层擦痕,下伏志留系的塑性流变是该向斜锥形形成的主要因素;③辉绿岩脉切割唐王寨-仰天窝复式向斜,其侵入年代应在中三叠世雷口坡组沉积之后,225~158 Ma 应该是6条辉绿岩脉先后侵位年龄的分布区间。

**关键词:**复式向斜;龙门山北段;辉绿岩脉;川西**中图分类号:**P588.12;P542 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2022)08-1409-08

**Ding X, Li Z Q, Li J N, Li H K, Chen X, Liu R, Yang Y Y, Ying W F. Age limit of diabase dyke intrusion in Tangwangzhai-Yangtianwo compound syncline in the northern section of Longmen Mountain, western Sichuan Province. *Geological Bulletin of China*, 2022, 41(8): 1409-1416**

**Abstract:** Tangwangzhai-Yangtianwo compound syncline is a typical slip nappe structure in the Longmen Mountain foreland structural belt in Western Sichuan. Six diabase dikes are developed in its northeast part, and limiting its intrusion time is helpful to understand the tectonic evolution of the northern Longmen Mountain. In order to determine the invasion time of diabase dyke, this paper defines the geological age of the lower limit of diabase dyke invasion through field geological investigation and the relationship between the formation, evolution, superposition and cutting of regional structures. The results show that: ① In the complex fault fold belt in the front of Longmen Mountain, the Late Triassic Xujiahe Formation and Jurassic continental clastic rocks are in parallel or angular unconformity

**收稿日期:**2020-04-20; **修订日期:**2022-07-25**资助项目:**国家自然科学基金《龙门山北段唐王寨-仰天窝向斜沉积-构造演化与动力学成因机制研究》(批准号:41672196)、国家科技重大专项《四川盆地深层构造层系的晚期构造改造作用》(编号:2017ZX05008-001)、四川省国土资源厅计划项目《民族地区地质遗迹成景机制与地质公园建设木事创新研究——以甘孜州八美变质岩石林为例》(编号:KJ-2019-13)**作者简介:**丁啸(1990-),男,在读博士生,构造地质专业。E-mail:977604386@qq.com**\*通信作者:**李忠权(1965-),男,博士,教授,从事构造地质、油气地质研究。E-mail:lizq@cdu.edu.cn

contact, which are superimposed on the Devonian, Carboniferous, Permian and early Middle Triassic marine strata, The Tangwangzhai–Yangtianwo compound syncline was formed in the Indosinian–Yanshanian period after the Middle Triassic; ②Tangwangzhai–Yangtianwo compound syncline is located on a large area of Silurian weak shale, and no fault scratch is found on the contact surface. The plastic rheology of the underlying Silurian is the main factor for the formation of the syncline prototype; ③Because diabase dykes cut the Tangwangzhai–Yangtianwo compound syncline, their intrusion age should be after the deposition of the Leikoupo Formation in the Middle Triassic. 225~158 Ma should be the distribution range of intrusion age of diabase dyke.

**Key words:** compound syncline; north section of Longmen Mountain; diabase dyke; western Sichuan Province

龙门山前山逆冲推覆构造带以其地质构造的复杂性和油气勘探的多解性吸引了众多研究者的关注。前人已对龙门山前山逆冲推覆构造带开展了大量研究,但对侵入于龙门山北段唐王寨—仰天窝复式向斜中的6条辉绿岩脉与龙门山构造之间的时序关系研究较少,特别是运用岩脉切割构造及构造之间的叠置时序关系,限定岩脉形成的下限地质年代的研究未见报道。根据1:5万关庄坝幅<sup>①</sup>区域地质调查报告,辉绿岩脉K-Ar年龄为 $210.8 \pm 2.7 \sim 173.8 \pm 2.1$  Ma; 1:5万雁门镇幅<sup>②</sup>区域地质调查报告显示,辉绿岩脉K-Ar年龄为 $330.42 \pm 5.24$  Ma; 1:5万茶坝幅<sup>③</sup>获得辉绿岩脉K-Ar年龄为207.9~158.1 Ma;梁斌<sup>[1]</sup>在研究唐王寨—仰天窝伸展构造时,对该区的辉绿岩脉进行了K-Ar同位素定年,获得 $330.42 \pm 5.24$  Ma和200 Ma的年龄数据。陈娟等<sup>[2]</sup>通过龙门山北段水磨地区辉绿岩锆石U-Pb年龄分析,得出185.7 Ma为辉绿岩的成岩年龄。沈淑鑫等<sup>[3]</sup>通过斜锆石U-Pb同位素定年,测得麻柳村辉绿岩脉年龄为 $261.1 \pm 1.8$  Ma,并认为区内辉绿岩脉是峨眉山玄武质岩浆活动的产物。本文通过对复式向斜内分布的辉绿岩进行采样,用斜锆石U-Pb同位素定年法获得 $339 \pm 4.5$  Ma和225~171 Ma的年龄数据。

目前,龙门山北段唐王寨—仰天窝复式向斜中辉绿岩脉的形成时间主要集中在 $330.42 \pm 5.24$  Ma、 $261.1 \pm 1.8$  Ma与225~158 Ma年龄域,分别对应石炭纪、二叠纪及三叠纪—侏罗纪,时间跨度较大,确定其地质侵位年龄是本文的重点。厘定辉绿岩脉的侵位时间有助于理解龙门山北段的构造演化特征。

## 1 区域地质背景

龙门山构造带地处青藏高原与四川盆地的分界带上,呈NE—SW向展布,主体位于四川省境内,南起泸定—天全一带,向北经宝兴—芦山、汶川—

都江堰、北川—江油、青川—广元等地延入陕西省后止于勉县,全长约500 km,东西宽30~50 km。大致以怀远、安县为界,将龙门山构造带分为南、中、北3段,怀远以南至雅安为南段,怀远至安县为中段,安县以北至广元为北段。沿垂直于走向NW—SE方向,龙门山构造带主要发育茂县—汶川断裂( $F_1$ )、映秀—北川断裂( $F_2$ )、都江堰—安县断裂( $F_3$ )3条区域上的深大断裂, $F_4$ 为盆地内的一条隐伏断裂。茂县—汶川断裂( $F_1$ )以西为松潘甘孜地块,茂县—汶川断裂( $F_1$ )与都江堰—安县断裂( $F_3$ )之间为龙门山构造带,都江堰—安县断裂( $F_3$ )以东为四川盆地。龙门山构造带以映秀—北川断裂( $F_2$ )为界,可进一步分出龙门山后山构造带( $F_1 \sim F_2$ 之间)与龙门山前山构造带( $F_2 \sim F_3$ 之间)。在四川盆地内的 $F_3$ 与 $F_4$ 之间进一步分出山前复杂断褶带(图1)。唐王寨—仰天窝复式向斜发育在龙门山构造带北段映秀—北川断裂( $F_2$ )和都江堰—安县断裂( $F_3$ )夹持的前山构造带中<sup>[5-9]</sup>。

唐王寨—仰天窝复式向斜主要由泥盆系、石炭系构成,其出露面积约占龙门山北段前山构造带出露面积的2/3。唐王寨—仰天窝复式向斜北西翼出露大面积志留系(S)黄绿色泥页岩,是一套区域滑脱层。根据笔者最新研究<sup>[6]</sup>,中三叠世雷口坡组沉积之后的印支运动导致松潘甘孜地块由海逐渐变陆,出现造陆隆升,在隆升的松潘甘孜地块与四川盆地之间相当于现今龙门山构造带的位置,逐渐形成一个宽约60 km的大斜坡,志留系作为滑脱层,上覆泥盆系、石炭系受滑脱层影响向四川盆地滑覆,形成唐王寨—仰天窝复式向斜构造;到燕山期、喜马拉雅期,由于拉萨、印度板块的先后碰撞挤压,唐王寨—仰天窝复式向斜西侧的映秀—北川断裂( $F_2$ )复活逆冲,导致后山轿子顶构造抬升剥蚀,深部浅变质的大片志留系茂县群及核部寒武系、震旦系出露地表,使前山未变质的志留系与后山浅变质的震旦系、寒武系及志留系茂县群直接接触,接触界线为

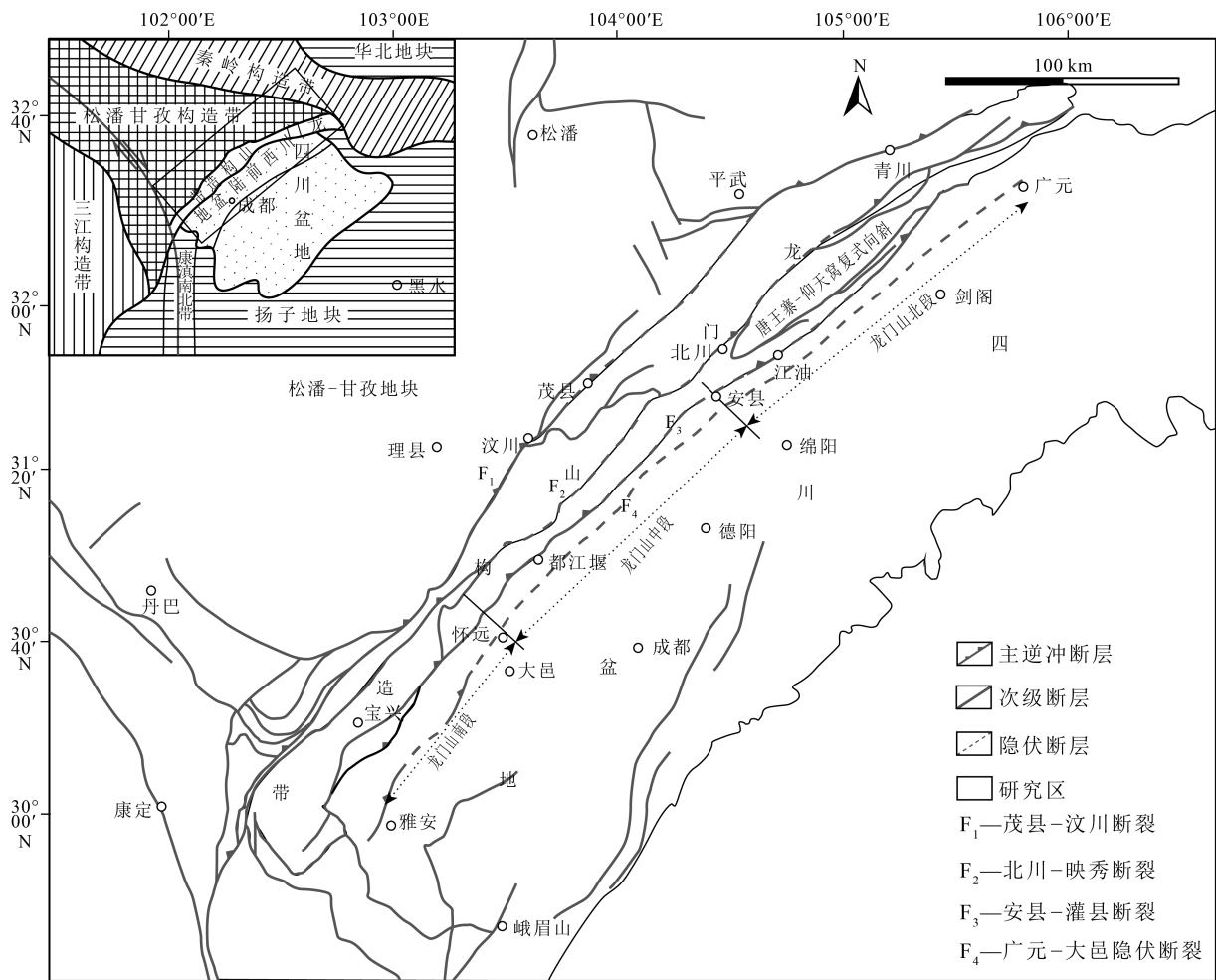
图 1 龙门山区域位置简图<sup>[4]</sup>

Fig. 1 Location diagram of Longmen Mountain

映秀-北川断裂(图 2)。

唐王寨-仰天窝复式向斜东南翼以都江堰-安县断裂  $F_3$  (在北段即为马角坝断裂带) 为界与四川盆地相邻。都江堰-安县断裂根据构造演化分析形成于中三叠世雷口坡组沉积之后的印支运动, 野外可见断裂上、下两盘卷入变形的最新地层都为中三叠世雷口坡组, 而晚三叠世须家河组与侏罗系陆相碎屑岩以平行或角度不整合方式在前山复杂断褶带中覆盖于泥盆系、石炭系、二叠系及早中三叠世这套断褶变形、变位的海相老地层之上。

研究区的山脉隶属于龙门山山系, 地表切割深, 属中高山地貌类型, 山脉总体走势为 NE-SW 向, 海拔高度在 500~3000 m 之间, 山势陡峻、峰峦叠嶂、植被茂盛、沟壑众多。地层主要出露古生界和中生界, 从震旦系一直到三叠系均有出露, 岩性

以海相碳酸盐岩为主。志留系为一套黄绿色泥页岩, 岩性软弱, 褶皱强烈, 泥盆系厚度巨大。区内断裂主要发育于泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系强硬岩层中, 构造复杂, 断层发育且延伸距离较远, 伴有断裂破碎带产生, 褶皱紧闭, 局部地层近直立甚至倒转<sup>[10-12]</sup>。

## 2 唐王寨-仰天窝复式向斜地表构造特征

唐王寨-仰天窝复式向斜按泥盆系底界包络线可圈闭出一个完整的向斜构造。该向斜构造根据泥盆系、石炭系展布特征, 可进一步划分为南西端的唐王寨向斜与北东端的仰天窝向斜 2 个次级向斜构造, 它们在中北部的唐王寨附近斜接构成一个长约 100 km 的统一向斜(图 2)。

唐王寨-仰天窝复式向斜位于龙门山北段, 是

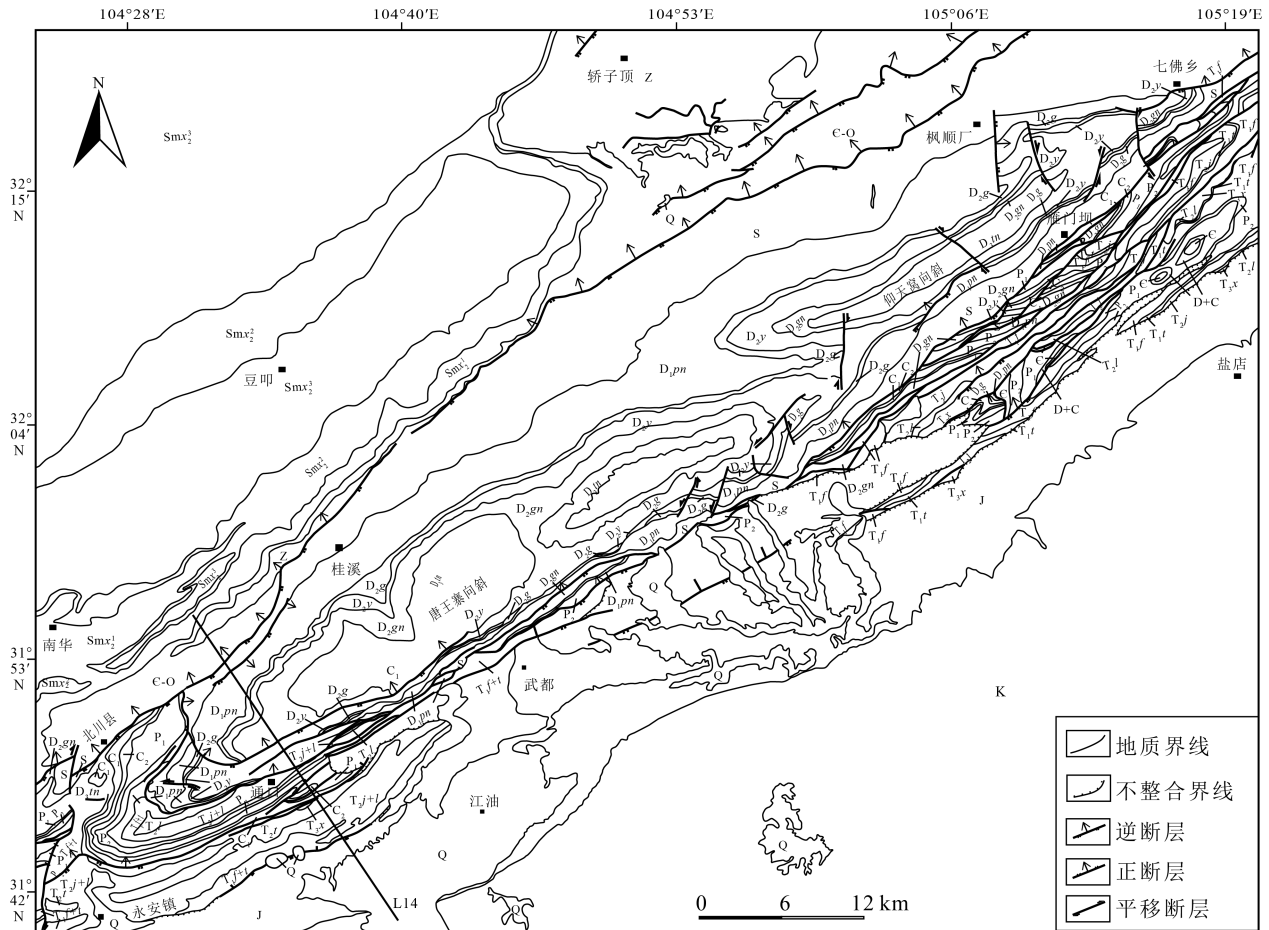
图2 唐王寨-仰天窝复式向斜地质简图<sup>④</sup>

Fig. 2 Geological map of Tangwangzhai-Yangtianwo compound syncline

Z—震旦系;C-O—寒武系-奥陶系;S—志留系;Smx<sub>2</sub><sup>1</sup>—志留系茂县群下部岩组;Smx<sub>2</sub><sup>2</sup>—志留系茂县群中部岩组;Smx<sub>2</sub><sup>3</sup>—志留系茂县群上部岩组;D<sub>1</sub>pn—平驿铺组;D<sub>2</sub>g—甘溪组;D<sub>2</sub>y—养马坝组;D<sub>2</sub>gn—观雾山组;D<sub>3</sub>m—唐王寨群;C<sub>1</sub>—总长沟群;C<sub>2</sub>—黄龙群;P<sub>1</sub>—下二叠统;P<sub>2</sub>—上二叠统;T<sub>1</sub>f—飞仙关组;T<sub>1</sub>t—铜街子组;T<sub>2</sub>j—嘉陵江组;T<sub>2</sub>l—雷口坡组;T<sub>2</sub>t—天井山组;T<sub>3</sub>x—须家河组;J—侏罗系;K—白垩系;Q—第四系

整个龙门山构造带上形态最大的向斜构造,在平面上呈长椭圆形,构造走向与龙门山构造带走向基本一致,为NE向。唐王寨向斜核部最新地层为石炭系,仰天窝向斜核部为泥盆系,向斜翼部分别为志留系、泥盆系。唐王寨向斜构造显示出极不对称的特点,向斜两翼变形、变位强度差异较大,地层发育严重不对称,北西翼倾向SE,倾角在20°~30°之间,地层发育较完整,断层除北川—映秀断裂外,几乎未见其他断裂发育;而南东翼地层倾向NW,倾角多在60°以上,地层残缺不全,甚至部分地层整体缺失,断层十分发育,形成一个NE—SW向断裂带,规模较大,延伸较远。

值得注意的是,向斜南西扬起端构造极其复

杂,整个向斜平面上被3条弧形断层围限(图3),表现为逆冲于中三叠世雷口坡组准原地系统之上有3个断片,其中泥盆系作为向斜核部的主要地层发育较完整,3条弧形断层由内向外分别为玉皇庙断裂、通口断裂和黄连桥断裂,最外侧是香水断裂。3条弧形断层围限了3个断片式的向斜构造,由内向外依次为唐王寨向斜、甘竹垭向斜和四清池向斜,表现为一个向斜断片压覆于另一个向斜断片之上,根据这种叠置关系判定,四清池向斜形成时间最早,其次为甘竹垭向斜,最后为唐王寨向斜。

从控制四清池向斜形成的黄连桥断裂切过的最新地层为雷口坡组这一构造特征判定,四清池向斜形成于中三叠世雷口坡组沉积之后,即唐王寨—



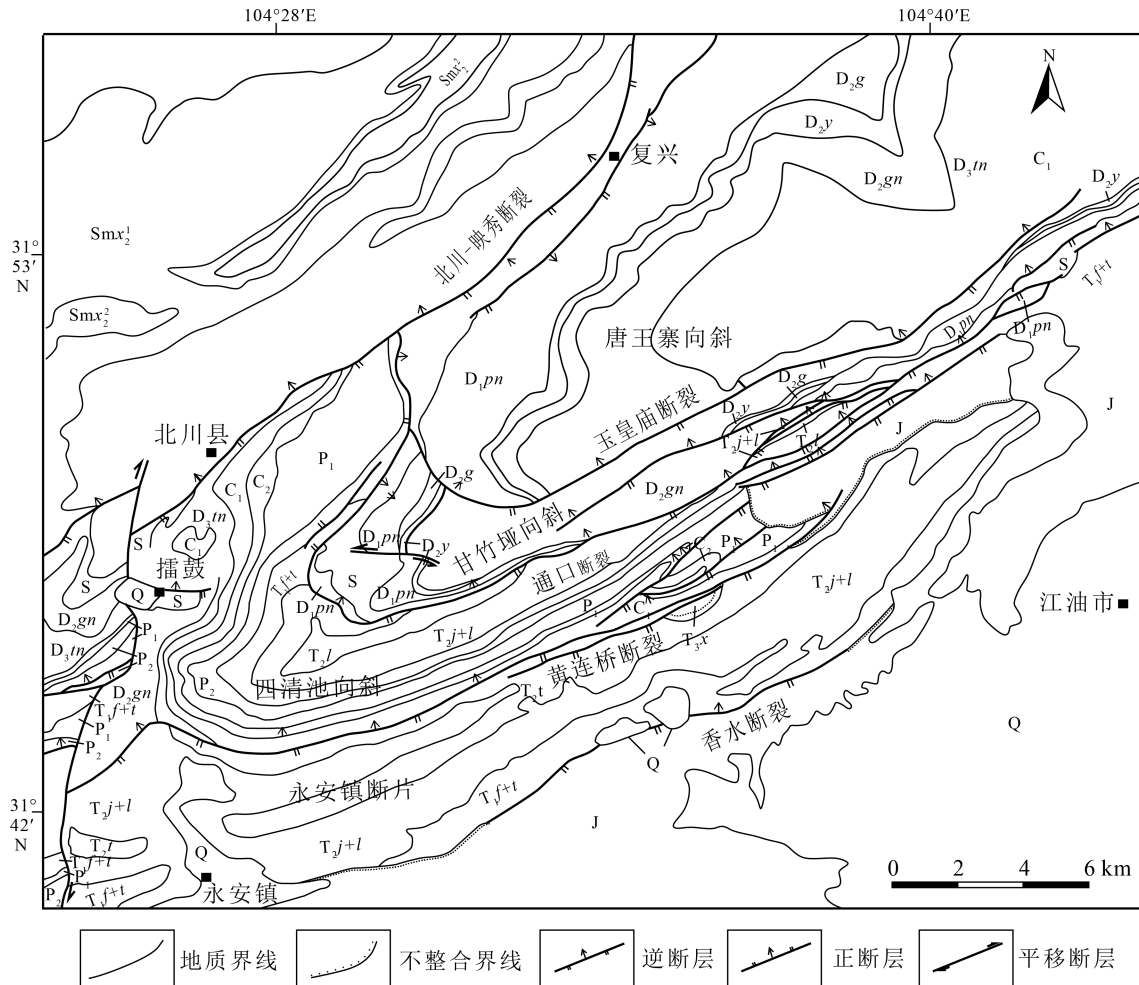


图 3 唐王寨向斜西南端地质图<sup>④</sup>

Fig. 3 Geological map of the southwest end of Tangwangzhai syncline

Є-O 寒武系-奥陶系; S-志留系; Smx<sub>2</sub><sup>1</sup>-志留系茂县群下部岩组; Smx<sub>2</sub><sup>2</sup>-志留系茂县群中部岩组; D<sub>1</sub>pn-平驿铺组; D<sub>2</sub>g-甘溪组; D<sub>2</sub>y-养马坝组; D<sub>2</sub>gn-观雾山组; D<sub>3</sub>tm-唐王寨群; C<sub>1</sub>-总长沟群; C<sub>2</sub>-黄龙群; P<sub>1</sub>-下二叠统; P<sub>2</sub>-上二叠统; T<sub>2</sub>l-雷口坡组; T<sub>1</sub>f-飞仙关组; T<sub>1</sub>t-铜街子组; T<sub>2</sub>j-嘉陵江组; T<sub>3</sub>x-须家河组; J-侏罗系; Q-第四系

仰天窝复式向斜形成时间不早于中三叠世末的 237 Ma。实际上,在黄连桥断裂与香水断裂之间还存在一个断片,本文称为永安镇断片。从构成断片的地质时代可以看出,永安镇断片主要由中、下三叠统构成,四清池向斜断片主要由二叠系-中下三叠统构成,甘竹垭-唐王寨向斜断片由志留系-下石炭统构成。这些断片的叠置顺序总体有下新上老的趋势,且被侏罗系和上三叠统须家河组陆相碎屑岩不整合沉积覆盖(图 4)。

### 3 辉绿岩脉形成时间限定

唐王寨-仰天窝复式向斜构造共分布了 6 条辉

绿岩脉,呈 NE 向转 SN 向展布(图 5)。辉绿岩脉长 2~8 km,宽约 50 m,斜切唐王寨-仰天窝复式向斜构造线。6 条岩脉切过多套地层,包括志留系龙马溪组灰黄色页岩、粉砂岩,下泥盆统平驿铺组灰白色中-厚层石英岩状砂岩,中泥盆统甘溪组黄褐色含菱铁矿结核的铁质粉砂岩、养马坝组石英砂岩-粉砂岩-灰岩互层、观雾山组灰色-灰白色中-厚层纯白云岩,下泥盆统唐王寨群浅灰色薄-厚层状白云岩夹灰白色较纯灰岩。

根据构造切割律原理:切割者新,被切割者老,推断辉绿岩脉的侵位时间在唐王寨-仰天窝复式向斜形成之后。从唐王寨-仰天窝复式向斜地表构造

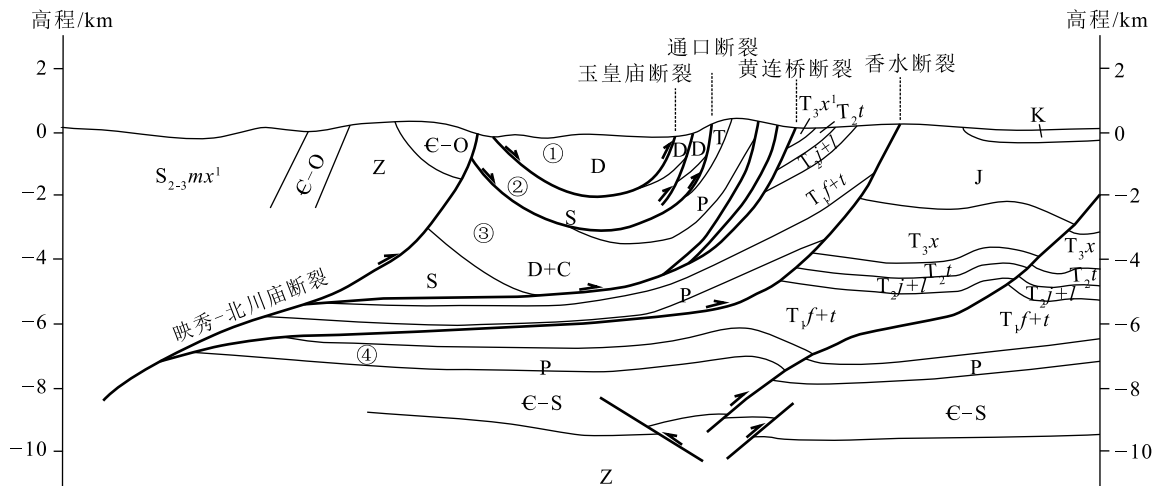
图4 L14线地震剖面解释<sup>[13]</sup>

Fig. 4 Line 14 seismic profile interpretation

Z—震旦系; ε-O—寒武系-奥陶系; ε-S—寒武系-志留系; S—志留系;  $S_{2-3}mx^1$ —茂县群; D—泥盆系; P—二叠系;  
 $T_{1f+t}$ —飞仙关组与铜街子组;  $T_{2j+t}$ —嘉陵江组与雷口坡组;  $T_{2l}$ —雷口坡组;  $T_{3x}$ —须家河组; J—侏罗系;  
 K—白垩系; ①—唐王寨向斜; ②—甘竹垭向斜; ③—四清池向斜; ④—永安镇断片

特征可以看出,构成唐王寨向斜西南扬起端的3个次级向斜断片依次叠置,先后顺序为四清池向斜形成时间最早,甘竹垭向斜次之,唐王寨向斜形成时间最晚。根据四清池向斜核部出露的最新地层和黄连桥断裂下盘出露的最新地层均为中三叠统雷口坡组这一实际资料判断,四清池向斜构造是在雷口坡组这套海相地层沉积后发生的川渝地区整体由海变陆过程中形成的。结合区域构造演化,雷口坡组沉积之后的中—晚三叠世是川渝地区构造变革的关键时期<sup>[6, 14-15]</sup>。由于松潘甘孜地块北缘的阿尼玛卿古特提斯洋与南缘的金沙江古特提斯洋在中、晚三叠世先后闭合,导致松潘甘孜地块、龙门山、四川盆地及其邻区大面积隆升,整个扬子地台西缘及松潘甘孜地块由海变陆。由于地块间隆升速率的差异,松潘甘孜地块隆升速率较快,四川盆地隆升速率较慢,在由海变陆的过程中,松潘甘孜地块上升成为高地,四川盆地则相对下降变为陆相湖盆,在松潘甘孜高地与四川陆相湖盆之间(相当于现今龙门山的位置)出现一斜坡带。斜坡带上志留系、飞仙关组及嘉陵江组多套滑脱层的存在,导致斜坡带上的泥盆系、石炭系、二叠系及中—下三叠统海相沉积层多期滑脱,形成地层时代新的断片在下、相对老的断片在上的倒序排列的叠置序列。根据这一演化认识,确认唐王寨向斜形成时间应在

中三叠世雷口坡组沉积之后,即237 Ma之后。由于辉绿岩脉切割了唐王寨-仰天窝复式向斜构造线,因此辉绿岩脉的形成时间下限年龄不会早于中三叠世末的237 Ma。

按照这种限定,重新审视前述3个年龄段:  $330.42 \pm 5.24$  Ma、 $261.1 \pm 1.8$  Ma与225~158 Ma,笔者判断,225~158 Ma年龄段应是唐王寨-仰天窝复式向斜内6条辉绿岩脉先后侵位的正确年龄时间域。

## 4 结论

(1)根据卷入山前马角坝断裂带上、下盘的最新地层均为中三叠世雷口坡组,而晚三叠世须家河组与侏罗系陆相碎屑岩在前山复杂断褶带中呈平行或角度不整合覆盖于其下强烈变形与变位的泥盆系、石炭系、二叠系及早—中三叠世海相地层之上的证据判断,唐王寨-仰天窝复式向斜形成于中三叠世之后的印支期—燕山期。

(2)根据野外地质调查可发现,唐王寨-仰天窝复式向斜坐落在大片志留系软弱页岩层之上,且唐王寨-仰天窝复式向斜北西翼泥盆系底部与志留系的接触面上没有发现断层擦痕,因此泥盆系在志留系上的滑覆不是通过顺层滑移错动实现的,而是通过下伏志留系的塑性流变滑移实现的。

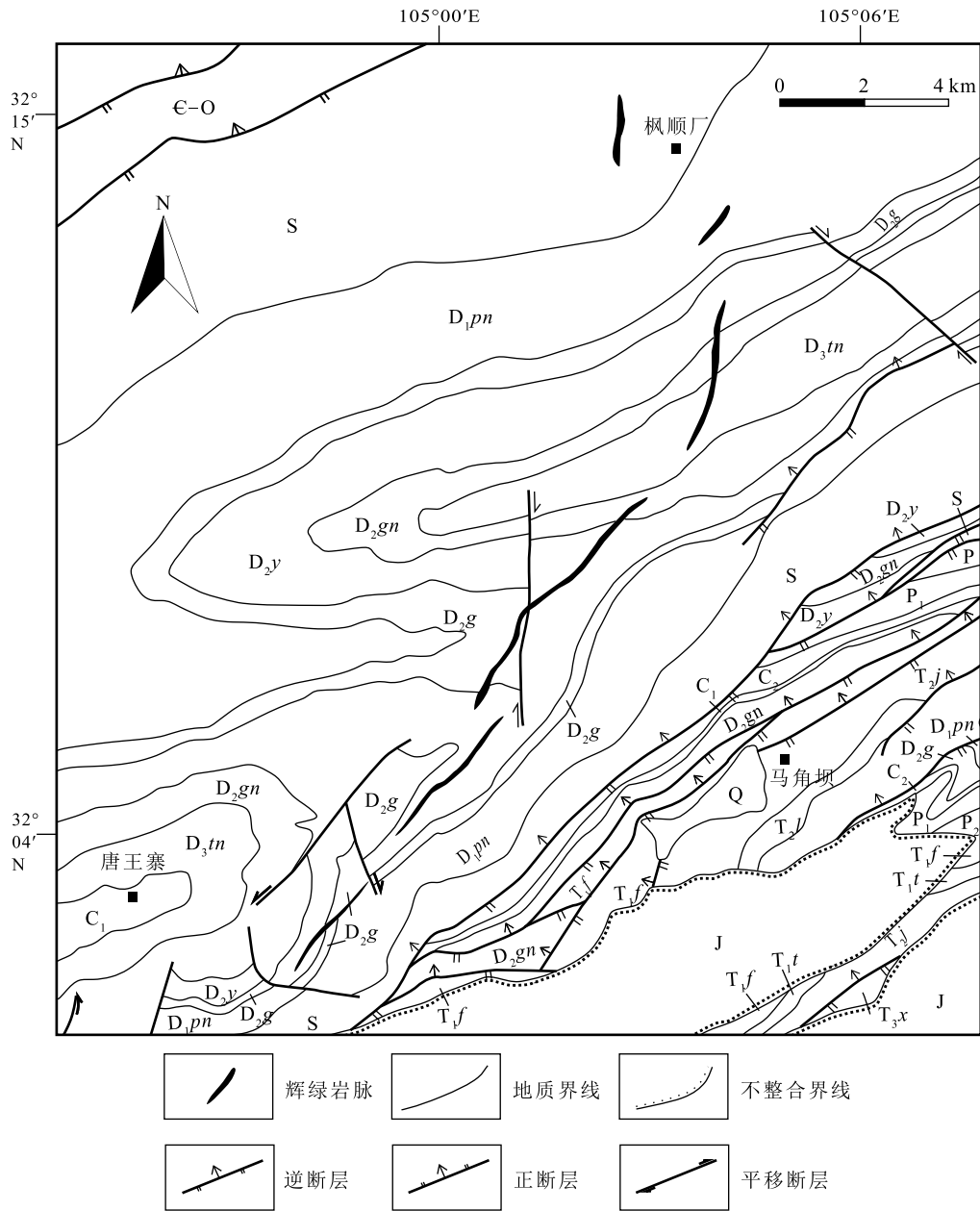


图 5 唐王寨-仰天窝复式向斜辉绿岩脉分布图<sup>④</sup>

Fig. 5 Distribution map of diabase dyke in Tangwangzhai-Yangtianwo compound syncline

€-O—寒武系-奥陶系; S—志留系; D<sub>1</sub>pn—平驿铺组; D<sub>2</sub>g—甘溪组; D<sub>2</sub>y—养马坝组; D<sub>2</sub>gn—观雾山组; D<sub>3</sub>tn—唐王寨群; C<sub>1</sub>—总长沟群; C<sub>2</sub>—黄龙群; P<sub>1</sub>—下二叠统; P<sub>2</sub>—上二叠统; T<sub>1</sub>f—飞仙关组; T<sub>1</sub>t—铜街子组; T<sub>2</sub>j—嘉陵江组; T<sub>2</sub>l—雷口坡组; T<sub>3</sub>x—须家河组; J—侏罗系; Q—第四系

(3)唐王寨-仰天窝复式向斜构造内共分布有 6 条辉绿岩脉,根据构造切割律及 3 个次级向斜断片的叠置关系判定,辉绿岩脉的侵位时间<唐王寨-仰天窝复式向斜的形成时间<甘竹埡向斜形成时间<四清池向斜形成时间<237 Ma,最终判定 225~158 Ma 年龄段应是龙门山北段 6 条辉绿岩脉先后侵位的年龄时间域。

参考文献

[1] 梁斌. 龙门山北段唐王寨-仰天窝地区伸展构造解析[J]. 四川地质学报, 1998, (3): 6-9.  
 [2] 陈娟, 马润则, 张腊梅, 等. 龙门山北段水磨地区辉绿岩锆石 U-Pb 年龄及地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2015, 51(1): 133-142.  
 [3] 沈淑鑫, 贾东, 曾庆, 等. 四川龙门山北段唐王寨-仰天窝向斜麻柳村辉绿岩锆石 U-Pb 同位素定年及其地质意义[J]. 地质通报,

- 2018, 37(5): 840-852.
- [4] 贾东, 陈竹新, 贾承造, 等. 龙门山前陆褶皱冲断带构造解析与川西前陆盆地的发育[J]. 高校地质学报, 2003, (3): 402-410.
- [5] 何龙. 龙门山北段唐王寨向斜构造特征及其物理模拟[D]. 成都理工大学硕士学位论文, 2015.
- [6] 李洪奎, 李忠权, 龙伟, 等. 四川盆地纵向结构及原型盆地叠合特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2019, 46(3): 257-267.
- [7] 李智武, 刘树根, 陈洪德, 等. 龙门山冲断带分段-分带性构造格局及其差异变形特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2008, (4): 440-454.
- [8] 杨伟, 李忠权, 曾吉和. 龙门山北段矿山梁地表构造特征[J]. 西部资源, 2014, (1): 164-166.
- [9] 古术航. 龙门山北段唐王寨多期逆冲推覆构造结构与运动学解析[D]. 中国地质大学(北京)硕士学位论文, 2015.
- [10] 孙闯. 龙门山褶皱冲断带构造物理模拟研究[D]. 南京大学博士学位论文, 2017.
- [11] 吴山. 龙门山巨型滑覆型飞来峰体系与龙门山构造活动性[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2008, (4): 377-382.
- [12] 伍顺利. 川西北段地质结构及其控油气作用[D]. 中国地质大学(北京)硕士学位论文, 2018.
- [13] 罗志立, 龙学明. 龙门山造山带崛起和川西陆前盆地沉降[J]. 四川地质学报, 1992, (1): 1-17.
- [14] 李忠权, 麻成斗, 应丹琳, 等. 川渝地区构造动力学演化与盆岭-盆地耦合构造分析[J]. 岩石学报, 2014, 30(3): 631-640.
- [15] 李忠权, 应丹琳, 李洪奎, 等. 川西盆地演化及盆地叠合特征研究[J]. 岩石学报, 2011, 27(8): 2362-2370.
- ①四川省地矿局川西北地质大队. 中华人民共和国区域地质调查报告(关庄坝幅 I-48-127-C)(1: 50000)岩浆岩部分, 1992: 22-31.
- ②四川省地矿局川西北地质大队. 中华人民共和国区域地质调查报告(雁门镇幅 I-48-139-A)(1: 50000)岩浆岩部分, 1995: 36-47.
- ③四川省地矿局川西北地质大队. 中华人民共和国区域地质调查报告(茶坝幅 I-48-127-D)(1: 50000)岩浆岩部分, 1995: 20-22.
- ④中华人民共和国区域地质调查报告(广元幅 I-48-XXXIV、平武幅 I-48-XXXIII、绵阳幅 H-48-III、阆中幅 H-48-(4))(1: 200000). 1967.