

doi: 10.3969/j.issn.1007-3701.2013.03.001

湖北利川地区 1:5 万区域地质调查成果与主要进展

王令占¹, 涂兵¹, 赵小明¹, 田洋¹, 谢国刚¹, 吴俊¹,

童金南², 安志辉², 曾波夫¹, 李珉¹

WANG Ling-Zhan¹, TU Bing¹, ZHAO Xiao-Ming¹, TIAN Yang¹, XIE Guo-Gang¹, WU Jun¹,

TONG Jin-Nan², AN Zhi-Hui², ZENG Bo-Fu¹, LI Min¹

(1. 中国地质调查局武汉地质调查中心, 武汉 430205; 2. 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室, 武汉 430074)

(1. Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan 430205, China;

2. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

摘要:在湖北西部利川地区完成的 1:5 万区域地质调查,以国际地层表(2012)为指南,从岩石地层、生物地层、事件地层角度,对调查区地层进行了多重地层划分与对比研究。对利川地区晚二叠-早三叠世长兴组进行了重点研究,自下而上建立了四个牙形石带,P/T 界线生物地层标准化石 *Hindeodus parvus* 首现于长兴组顶部微生物岩中,获得了 P/T 界线之上粘土岩的锆石 U-Pb 年龄。对上二叠统吴家坪组硅质岩进行了岩石学和地球化学研究,表明其为伴有生物作用的火山成因硅质岩,形成于大陆边缘还原环境,获得了硅质岩层间的凝灰岩锆石 U-Pb 年龄。对调查区各时代地层岩石类型和组合特征进行了详细研究和沉积环境分析,建立了 4 类沉积相模式,并重点查明了志留纪纱帽组顶部,泥盆纪云台观组、黄家磴组,石炭纪大埔组,二叠纪长兴组,三叠纪大冶组、巴东组上部层位的岩相变化与空间展布。建立了调查区构造格架,阐明了构造形成演化历史,划分了构造变形阶段,通过构造应力场反演、叠加褶皱分析及构造演化研究,对调查区中、新生代构造演化进行了探讨。系统总结了新构造运动在调查区内的表现形式,对高海拔砾石层、瓦厂湖相-河流相沉积组合及利川盆地第四系进行了系统采样和测试。总结了地质灾害与地层、构造、岩性及人类活动间的关系。

关键词:地层划分对比;P/T 界线;沉积相模式;构造演化;湖北利川

中图分类号:P56

文献标识码:A

文章编号:1007-3701(2013)03-169-08

Wang L Z, Tu B, Zhao X M, Tian Y, Xie G G, Wu J, Tong J N, An Z H, Zeng B F, and Li M. New progress in 1:50 000 regional geological survey in Lichuan area, Western Hubei province. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2013, 29(3):169-176.

Abstract: Base on the International Stratigraphy Guide (2012) and working on the lithostratigraphy, biostratigraphy, and event stratigraphy, multiple stratigraphic division and correlation sequence has been improved during 1:50 000 regional geological survey in Lichuan area, Western Hubei province. Four conodont zones were established in Late Permian-Early Triassic Changxing Formation. The P/T boundary index fossil *Hindeodus parvus* appeared in microbialite, located at the top of Changxing Formation, and zircon U-Pb age of claystone above the P/T boundary was also obtained. Petrological and geochemical characteristics indicated that the siliceous rocks of Upper Permian Wujiaping Formation formed by volcano sedimentation with biologi-

收稿日期:2013-06-06;修回日期:2013-06-16.

基金项目:中国地质调查局国土资源大调查项目(1212010911016、1212011220517、12120113063200).

第一作者:王令占(1981—),男,硕士,助理研究员,从事区域地质调查、构造地质研究,E-mail: ycwanglingzhan@126.com.

cal effect, and deposited in continental shelf under anoxic condition. Through analyzing characteristics of rock types and assemblages, summarizing sedimentary facies type, four sedimentary facies models were established. Sedimentary types and spatial distribution of top of Silurian Shamao Formation, Devonian Yuntaiguan Formation and Huangjiadeng Formation, Carboniferous Dapu Formation, Permian Changxing Formation, Triassic Daye formation and Badong formation were especially revealed. After investigation, we established stratigraphic structural framework, clarified the tectonic evolution history, divided the structural deformation stage, and discussed the tectonic evolution during the Mesozoic and Cenozoic by tectonic stress field inversion, superposed folds analysis and regional tectonic evolution. We also systematic summarized the form of neotectonic movement, and the relationship among geological hazard stratum, structure, lithology and human activities.

Keywords: stratigraphic division and correlation; P/T boundary; sedimentary facies model; tectonic evolution; Lichuan, Western Hubei province.

湖北 1 : 5 万汪家营幅、利川市幅、忠路幅、黄泥塘幅位于鄂西渝东交接地区的长江南岸(图 1), 属湖北省利川市、咸丰县及重庆市石柱县管辖, 总面积 1 768 km²。调查区沉积岩发育, 古生物化石丰富, 地层学研究程度较高。调查区是八百里清江的发源地, 地貌上属云贵高原东北延伸部分, 沪渝高

速、宜万铁路、渝利铁路及川气东输管线等诸多国家重大工程均穿越调查区, 因而基础地质及地质灾害的调查显得极其重要。

调查区大地构造位置处于扬子地块中段北缘, 横跨扬子陆块南部碳酸盐台地与川中前陆盆地^[1]。地层区划属扬子区上扬子地层分区巴东 - 利川小

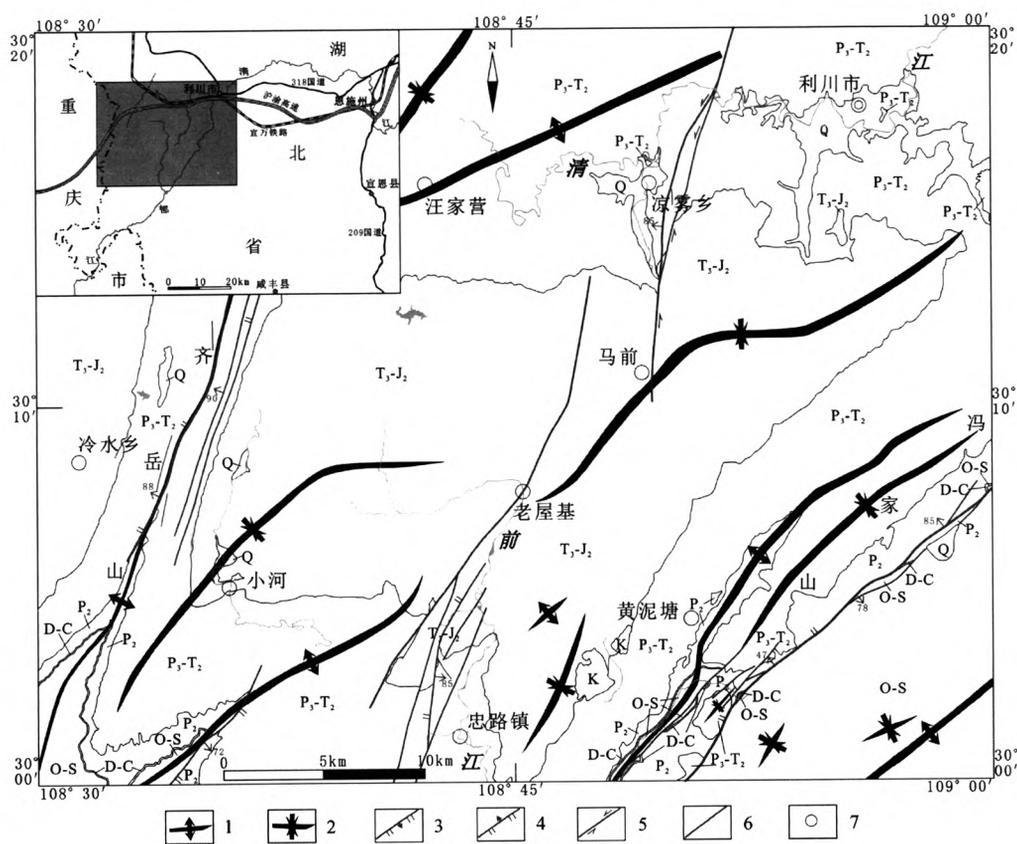


图1 调查区地质构造简图及交通位置

Fig. 1 Sketch geological map and location of Lichuan area, Hubei province

1-背斜;2-向斜;3-正断层;4-逆断层;5-平移断层;6-性质不明断层;7-地名及位置;Q:第四系;K:白垩系;T₃-J₂:上三叠统-中侏罗统;P₃-T₂:上二叠统-中三叠统;P₂:中二叠统;D-C:泥盆系-石炭系;O-S:奥陶系-志留系。

区和万州小区,出露奥陶系-侏罗系及少量白垩系和第四系,出露地层总厚度超过 6 900 m。经过三年多的调查研究,项目组在地层古生物学、沉积学、构造地质、第四纪地质及环境地质等方面取得一些新发现和重要进展。

1 地层

(1)以国际地层表(2012)为指南^[2],在前第四纪地层中划分出 28 个组级、14 个段级岩石地层单位、10 个特殊岩性层(地质体)、26 个年代地层单位(阶)、51 个生物地层单位(重要化石和组合带),建立完善了调查区多重地层划分与对比系统。新发现了晚白垩世地层与下伏地层呈角度不整合接触,将利川地区构造格架形成时间限定在侏罗纪末-晚白垩世初。

(2)在利川青岩沟及重庆石柱四方碑奥陶系-志留系界线剖面五峰组顶部厚度 30~40 cm 钙质泥岩中采获赫南特贝动物群的重要分子,其中 *Kinnella kielanae* (Temple)为赫南特贝动物群的特征分子,尽管未见到 *Hirnantia* 属,它们仍然归为赫南特贝动物群,其所在层位与观音桥层相当。表明本区奥陶系与志留系为整合接触,有异于湖北长阳

地区^①,表明调查区受宜昌运动影响较小,未造成明显沉积间断。

(3)对二叠纪吴家坪组硅质岩进行了古生物学、岩石学、地球化学研究,放射虫化石经中国地质大学(武汉)冯庆来教授鉴定,计有:*Paracopicyntra simplex* Feng, P. sp.、*Tetraspongodiscus stauracanthus* Feng, T. sp.、*Paroertlispongus* sp.、*Ishigaum* sp.、*Entactinia itsukichiensis* Sashida & Tonishi,放射虫组合以泡沫虫类为主,内射球虫类次之,隐管虫类很少,代表外陆棚环境的放射虫组合,地质时代为晚二叠世。岩石学及地球化学特征表明该硅质岩为伴有生物作用的火山成因硅质岩,形成环境为大陆边缘还原环境^[3]。获得了吴家坪组下部硅质岩段所夹粘土岩的锆石 U-Pb 年龄($257.0 \pm 2.8 \sim 257.8 \pm 2.7$ Ma),对应 257 Ma 左右的峨眉山玄武岩喷发事件^[4]。

(4)对区内晚二叠世至早三叠世生物地层、岩石地层、事件地层进行了系统研究,发现了微生物岩和多层火山粘土岩,建立了 P/T 界线附近牙形石带:*Neogondolella wangi* 带, *N. changxingensis* 带, *N. yini* 带和 *Hindeodus parvus* 带,确定了 *H. parvus* 首现于微生物岩中(图 2)。获得了 P/T 界线之上粘土岩的锆石 U-Pb 年龄(251.6 ± 2.7 Ma 与 251.6 ± 3.1 Ma)。

(5)对晚三叠世九里岗组泥岩、晚三叠世-早

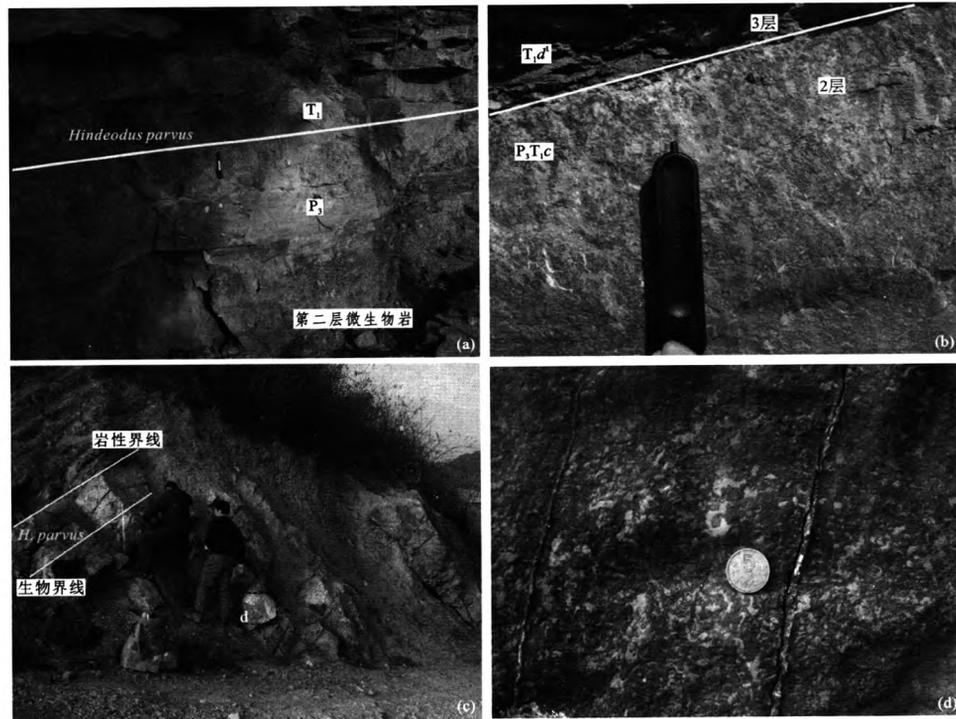


图2 调查区P/T界线

Fig. 2 P/T boundary in Lichuan area, Hubei province

a-瑞坪剖面P/T生物界线;b-瑞坪剖面P/T岩性界线;c-夏家槽剖面P/T界线(宏观);d-夏家槽剖面P/T界线微生物岩。

侏罗世王龙滩组砂岩进行了碎屑锆石LA-ICP-MS U-Pb 法年龄测试,获得 189 组 U-Pb 谐和年龄。数据主要集中在:2555~2425 Ma;1940~1785 Ma(峰值1860 Ma与1920 Ma);840~780 Ma(峰值830 Ma);442~432 Ma(峰值435 Ma)及261 Ma;232~214 Ma(峰值217 Ma)。其中232~214 Ma是中晚三叠世造山作用的特征年龄,研究区东部白马山等地区出露印支期花岗岩体^[5-9],推测它可能为调查区九里岗组与王龙滩组提供了物源。

2 沉积相划分与时空变化

(1)对各时代地层岩石类型和特征进行了详细研究和沉积环境分析,划分出大陆、过渡和海洋三大沉积相区,27种沉积相类型和3种事件沉积,在海洋相区中又划分出无障碍海岸和障壁海岸两种海相沉积相型系列。并根据沉积岩类型、沉积相类型及实测连续沉积地层剖面中不同沉积相类型的相邻关系,建立了4种沉积相模式,即无障碍海岸陆源沉积岩与碳酸盐岩混合沉积相模式^[7]、障壁海岸碳酸盐岩沉积相模式^[8]、障壁海岸陆源沉积岩与内源沉积岩混合沉积相模式和陆源沉积岩沉积相模式,对于鄂西-渝东地区奥陶纪-侏罗纪的沉积特征和寻找沉积-层控矿产有所裨益。

(2)查明了晚加里东运动在区内的沉积响应。调查区西南部干溪口一带缺失了志留系纱帽组顶部、整个泥盆系及大部分石炭系,仅见大埔组白云岩,厚1.73 m,而南东部的黄泥塘、黄金洞一带则保留了泥盆系,缺失了上泥盆统顶部、石炭系和下二叠统,指示了该时期复杂的古地理格局变化特征。

(3)查明了利川地区长兴组岩相变化特征。在调查区东南部黄泥塘一带为灰色、浅灰色中厚层状-块状含生物屑灰岩、泥晶灰岩,顶部夹厚层状含燧石结核或团块生物屑泥粉晶灰岩,产腕足、腹足、蜓类化石。如老墙屋脊剖面长兴组厚111.78 m,黄泥塘剖面长兴组厚200.58 m,而两剖面相距不足4 km。区别仅在于黄泥塘剖面下部出现灰色厚层-块状生物礁灰岩,为海绵礁灰岩。随后依次出现块状含角砾生物屑灰岩、生物屑角砾灰岩、生物屑砾屑灰岩,单层厚度减小,相比下伏海绵礁灰岩,生物急剧减少;角砾呈不规则团块状,近原位移小,属于礁前滑塌相。此处生物礁中造礁生物含量不仅远低于利川著名的见天坝生物礁,而且也显著低于齐

岳山山王庙一带的生物礁灰岩。且生物礁厚度、延续时间均要短于以上两地。说明调查区东南部黄泥塘地区的水深要大于西北齐岳山地区,即在长时期调查区内存在东深西浅的古地理格局,且黄泥塘地区还存在局部的水下隆起。究其原因,可能是利川地区受二叠系东吴运动的影响,沉积古地形发生分异、古地理格局发生了较大的变化。从而造成了长兴组在沉积厚度及生物礁的发育程度等方面存在显著的区别。

(4)查明了三叠纪大冶组岩相变化特征。大冶组沉积时期,延续了二叠纪末长兴期西高东低的古地理格局,齐岳山一带地势较高,发育台地-台地边缘浅滩相。黄泥塘一带地势较低,水深较大,古地理位置处于台地边缘斜坡,发育滑塌沉积,垂向上发育台地边缘斜坡-台地边缘浅滩-开阔台地相沉积序列。随着海水逐渐变浅及沉积物的充填作用,嘉陵江组一段沉积时期,调查区东西向古地理差异减小,均为台地蒸发岩相沉积,所不同的是,齐岳山地区除了白云岩外还发育大套陆源紫红色泥岩。

(5)查明了印支运动在区内的沉积响应。野外地质调查发现在利中盆地以南的福宝山、甘溪山一带中三叠统巴东组保留完整,与上覆晚三叠世九里岗组呈整合接触,其它地区均缺失巴东组四段、五段以及巴东组三段上部地层,与上覆晚三叠世九里岗组呈平行不整合接触,巴东组三段地层的厚度变化,反映中-晚三叠统时期调查区及邻区地势总体上南高北低^[9-10]。上述地层接触关系指示印支运动(表现最明显、影响最大)发生于晚三叠世卡尼期晚期-诺利期初期,在本区表现为不均匀的垂直抬升^[11]。

3 第四纪地质与环境地质

将调查区第四纪沉积物划分为2种沉积类型。获得了清江与长江分水岭高地多处残留冲积砾石层的ESR年龄数据,结果分别为 546 ± 54 ka BP、 551 ± 55 ka BP、 480 ± 48 ka BP、 371 ± 37 ka BP、 484 ± 48 ka BP、 359 ± 35 ka BP、 274 ± 27 ka BP、 473 ± 47 ka BP、 374 ± 37 ka BP,为中、晚更新世。获取了黄泥塘南磨槽湾阶地堆积物的热释光年龄及瓦厂堰塞湖河流相-湖相沉积物的光释光年龄,分别为 59.60 ± 5.07 ka BP、 60.56 ± 5.15 ka BP、 31.39 ± 2.67 ka BP。

通过资料收集和实地调查,确定调查区内存在

各类地质灾害点共计 68 处,其中滑坡 44 处,崩塌 7 处,不稳定斜坡 11 处,地面塌陷 6 处(图3)。系统总结了调查区地质灾害类型、空间分布特征及形成条件,研究了其与地形地貌、地层岩性、地质构造、降雨、人类工程活动等因素的关系。



图3 调查区地质灾害类型统计

Fig. 3 The statistics of geological disasters in Lichuan area, Western Hubei province

4 沉积地球化学

(1)对重庆石柱县张子岩栖霞组灰岩进行了主量、微量及稀土元素测试,样品 SiO_2 、 MgO 含量低,且两者具有较好的正相关性 ($R=0.7$),前者低于 5%,平均值为 2.02%,后者含量不超过 2.5%,平均值为 1.42%。微量元素 Sr 含量高,分布于 $580 \times 10^{-6} \sim 3120 \times 10^{-6}$,平均为 1625×10^{-6} ,Mn/Sr 比值低,最大仅为 0.83,平均值 <0.1 ,表明在成岩过程中样品几乎不受硅化及白云岩化作用的影响,更未发生化学性质上的改变,可作为古环境分析的可靠对象。栖霞组碳酸盐岩 CaO 含量高,分布于 51.19%~55.66%,平均 53.72%,接近纯灰岩的理论化学组成, $\Sigma(\text{CaO}+\text{MgO}+\text{LOI})$ 平均值高达 97.30%,陆源元素 Al_2O_3 、 TiO_2 含量很低,平均值分别为 0.22%与 0.015%,表明栖霞组沉积于无陆源碎屑影响的稳定古海洋环境。古气候判别指标 MgO/CaO 值极低,分布于 0.010~0.048 之间,平均为 0.027,古水深判别指标 $100 \times (\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ 、 Sr/Ba 、 $1000 \times (\text{Sr}/\text{Ca})$ 比值高,平均值分别为 1085、261、4.21,指示了栖霞组碳酸盐岩为潮湿气候下的陆棚(远岸)沉积产物^[12-16]。氧化还原判别指标 $V/(V+\text{Ni})$ 、 U/Th 、 Ce/La 及 Ce_{anom} 平均值分别为 0.61、 >22.78 、2.03、-0.04,均指示贫氧-厌氧的沉积环境^[17-22]。垂向上,陆源元素 $\Sigma(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2)$ 含量逐渐降低,古气候指标 MgO/CaO 比值呈现降低趋势,古水深指标 Sr/Ba 比值逐渐增大,记录了栖霞组沉积时期古气候越来越潮湿与沉积环境离岸渐远、陆源供给逐步减少、水体持续加

深的变化特征,栖霞组整体为海侵体系域产物。

(2)对黄泥塘吴家坪组硅质岩进行主量、微量及稀土元素测试,硅质岩的陆源元素 Al、Ti 含量较高,热水来源元素 Fe、Mn 含量较低,Al/(Al+Fe+Mn) 值在 0.63~0.83 之间,平均值 0.73。在 Al-Fe-Mn 三角图中,样品位于或紧邻非热水沉积区,在 SiO_2 - $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 、 SiO_2 - Al_2O_3 、 $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ - Al_2O_3 图解中大多落在火山成因区,少数位于火山成因与生物成因区之间。相对于沉积岩的微量元素丰度,生命元素 Mo、V 富集,指示热水沉积特征元素 Ba、As、Sc 亏损。稀土总量较低, $\Sigma \text{LREE}/\Sigma \text{HREE}$ 平均值为 3.02,Ce、Eu 均轻度负异常,经北美页岩标准化后稀土元素配分曲线近水平。以上地球化学特征表明研究区硅质岩属火山成因,并伴有生物作用。氧化还原判别指标 U/Th 、 $\text{V}/(\text{V}+\text{Ni})$ 及 Ce_{anom} ,沉积环境判别指标 MnO/TiO_2 、 La_N/Yb_N 与判别图解 $100 \times \text{TFe}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2 - 100 \times \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$ 、 $\text{TFe}_2\text{O}_3 / (100 - \text{SiO}_2) - \text{Al}_2\text{O}_3 / (100 - \text{SiO}_2)$ 、 $\text{TFe}_2\text{O}_3 / \text{TiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TFe}_2\text{O}_3)$ 、 $\text{La}_N / \text{Ce}_N - \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TFe}_2\text{O}_3)$ 与 $\Sigma \text{LREE}/\Sigma \text{HREE} - 100 \times \text{Eu}/\Sigma \text{REE}$ 一致表明硅质岩形成于大陆边缘缺氧环境。

(3)通过对颜家沟九里岗组与王龙滩组砂岩碎屑颗粒组分、主量、微量和稀土元素特征的分析,对其构造背景及物源进行了探讨。王龙滩组砂岩以长石石英砂岩与岩屑石英砂岩为主,(Q+F+L) 平均值为 88%,长石普遍高岭石化,岩屑均为泥质岩,具有锆石-板钛矿-磁铁矿-电气石重矿物组合,指示了物源区岩石以酸性岩或沉积岩为主。砂岩主量元素 SiO_2 含量高(78.52%~92.79%,平均 84.14%), Al_2O_3 次之(3.86%~14.15%,平均 9.69%), $\text{TFe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ (0.98%~3.20%,平均 1.5%)、 TiO_2 (0.09%~1.09%,平均 0.39%)含量低, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比值低(0.04~0.18,平均 0.12), $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值高(4.90~82.41,平均 40.01)。九里岗组与王龙滩组碎屑岩具有与上地壳相似的高场强元素与大离子亲石元素组成。砂岩特征元素比值 Rb/Sr 、 Th/U 、 La/Sc 平均为 2.8、5.9、6.3。样品 ΣREE 为 $62 \times 10^{-6} \sim 495 \times 10^{-6}$,平均 181×10^{-6} , $\Sigma \text{LREE}/\Sigma \text{HREE}$ 分布于 7.74~18.27 之间,平均 13.51,球粒陨石标准化配分型式与大陆上地壳极为相似,呈现轻稀土富集,重稀土平坦,中度 Eu(Eu/Eu^* :0.53~0.79,平均 0.61)、Ce(Ce/Ce^* :0.55~1.09,平均 0.79)负异常的特征。化学风化指标 CIA (71.33~92.59,平均

78.6)、CIW (87.47~97.15, 平均 94.02) 以及 Th/U (0.48~9.79, 平均 5.38) 较高, 表明九里岗组与王龙滩组碎屑岩经历了强烈的化学风化作用, 而纵向上的变化规律表明沉积过程中至少经历了一次化学风化作用减弱的过程。成分变异指数 ICV 均 <1, 指示物源主要为再循环的沉积物。碎屑成分, 主量、微量与稀土元素含量、比值特征及判别图解揭示晚三叠世构造环境为活动大陆边缘, 物源主要来自再旋回造山带的前陆隆起物源区(沉积岩序列), 可能对

应研究区东南方的雪峰陆内造山带。

5 构造地质

(1) 查明了调查区主要褶皱和断裂构造的变形特征、活动期次及力学性质。对调查区褶皱叠加关系进行了分析, 系统研究了齐岳山高陡背斜带构造变形特征, 通过断层滑动数据反演古应力, 获得了调查区侏罗纪以来五期构造应力场作用(图 4)。综合构

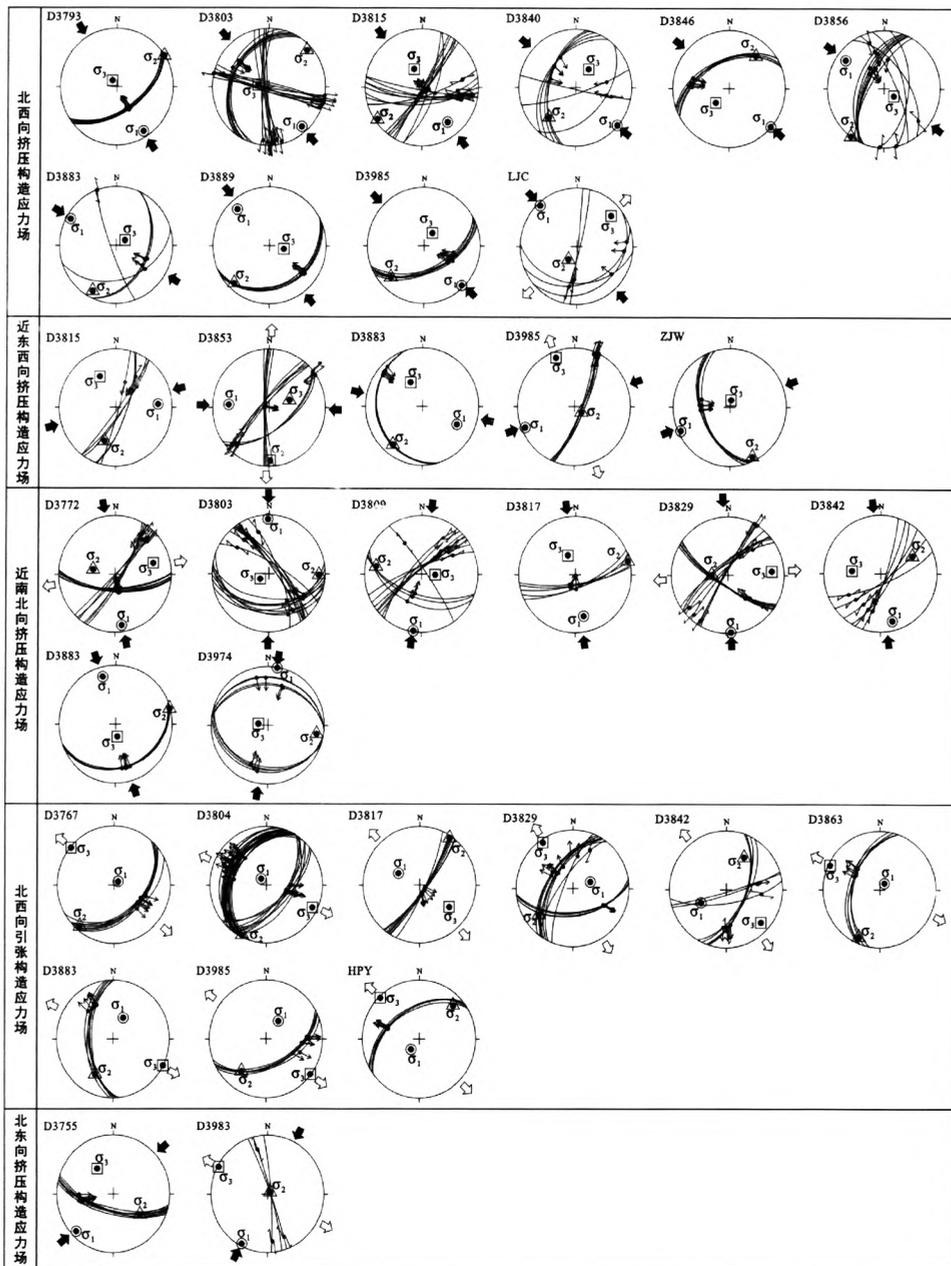


图4 调查区断层滑动矢量反演的五期构造应力场

Fig. 4 Computed the five phase stress fields base on the fault slip vectors in the Lichuan area, Western Hubei province

断层擦痕古应力反演使用Delvaux设计的TENSOR软件进行, 大圆弧线为断面产状, 其上的黑点为擦痕线理投影, 黑点的带箭头的短线指向断层上盘的运动方向, 大圆外的箭头指示应力张量为挤压(实心者)或伸展(空心者), 施密特网下半球投影。

造应力场反演、叠加褶皱分析及构造演化研究^[23-25],对调查区中、新生代构造演化进行了分析,提出:第1期为NW-SE向挤压应力场,发生时间为晚侏罗世至早白垩世初,对应NE向褶皱构造的形成;第2期为近E-W向挤压应力场,发生时间为早白垩世末,对应近S-N向褶皱构造的形成;第3期为近S-N向挤压应力场,发生于早白垩世末至晚白垩世初,对应近E-W向褶皱构造的形成;第4期为NW-SE向引张应力场,发生于晚白垩世至古、始新世,对应燕山晚期伸展作用;第5期为NE-SW向挤压应力场,发生于渐新世末,形成了白垩系正阳组砾岩中的网格状共轭剪节理^[26]。

(2)系统地多级层状地貌(夷平面、剥蚀面、阶地)、新构造应力场、断裂活动性及地震活动等多个方面对调查区新构造运动特点进行了总结。在清江、郁江、长江分水岭齐岳山及冯家山一带发现十余处残留的高海拔河流相冲积砾石层^[27],获得利川地区高海拔砾石层的ESR年龄为 $274 \pm 27 \sim 551 \pm 55$ ka BP,结合清江中游建始、巴东地区高海拔砾石层的ESR年龄 $677 \pm 67 \sim 789 \pm 78$ ka BP,认为其可能指示清江袭夺中游水系发生于早、中更新世之交,袭夺上游水系发生于中更新世中期,现代清江水系形成于中更新世中期之后。清江贯通方式指示长江贯通三峡的方式总体上可能也是自东向西的不断袭夺^[28]。获得了郁江断裂方解石脉角砾岩的ESR年龄,指示该断裂最后一次强烈活动时间为 1478 ± 147 ka BP。

(3)在黄泥塘以南瓦厂一带发现了保存完好的第四纪湖相-河流相沉积组合,并获得了多个年龄数据(31.39 ± 2.67 ka BP、 60.56 ± 5.15 ka BP)。该套组合的发现表明在地处鄂西-渝东山地的利川地区,河谷的演化过程中夹杂着突发的地质灾害事件,不仅对研究郁江的河流发育史具有指导意义,而且对了解现代大江大河地质灾害的形成演化具有重要的参考价值。

(4)讨论了构造与地质灾害关系,齐岳山溶洞或暗河的发育主要受NE向和NW向断层、节理的控制,岩溶突水地质灾害发生的工程位置与岩性分异界面、岩层接触界面、褶皱转折端、断层等关系密切^[29-30]。构造作用形成的褶皱、断层及其结构(结合岩性)控制了暗河、高压及岩溶突水等地质灾害的分布。对齐岳山构造带构造变形及古应力的分析,为进一步深入认识地质灾害形成机制提供了构造信息。

6 旅游地质

调查区山水资源奇特,人文景观独特,旅游资源丰富。可分为自然景观、历史遗迹和革命遗址三种类型。最引人注目的自然风光是2005年10月被《中国国家地理》评为“中国最美的地方”、“中国最美六大旅游洞穴”,亚洲溶洞之最——腾龙洞洞穴系统。清江源滨水走廊、佛宝山景区、甘溪山景区以及中国南方最大的山地草场-齐岳山组成了清江流域优美的自然风景。历史遗迹主要包括三元堂、花梨岭天主教堂。革命遗址包括张爷庙和龙塘铺。

本文是集体劳动的成果,对参加项目调查工作的刘浩、杨文强、安双庆、马志东、陈海峰、李卫东等表示衷心感谢。项目技术顾问武汉地质调查中心张开明教授级高工深入野外一线对项目工作进行了长期指导,彭轲教授级高工对环境地质调查进行了指导;中国地质大学(武汉)王永标教授对二叠纪生物礁进行了野外现场指导。武汉地质调查中心牛志军研究员阅读全文,并提出了宝贵的修改意见;审稿专家对本文进行了认真审阅,提出了许多详尽的修改意见,在此一并致谢。以此文纪念尊敬的徐安武研究员。

注释:

- ① 中国地质调查局武汉地质调查中心.1:5万火烧坪、贺家坪、资丘、都镇湾幅区域地质调查报告.2010.
- ② 重庆市地质矿产勘查开发局.1:25万万县幅区域地质调查报告.2006.

参考文献:

- [1] 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,邓晋福,冯益民,张克信,张智勇,王方国,邢光福,郝国杰,冯艳芳. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质,2009,36(1):1-28.
- [2] International Commission on Stratigraphy. International Chronostratigraphic Chart. [Online] Available: <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2012.pdf>. (August 2012)
- [3] 田洋,赵小明,牛志军,王令占,涂兵,谢国刚,吴俊,曾波夫. 鄂西南利川二叠纪吴家坪组硅质岩成因及沉积环境[J]. 沉积学报,2013,31(3):22-31.
- [4] 范蔚茗,王岳军,彭头平,苗来成,郭峰. 桂西晚古生代玄武岩Ar-Ar和U-Pb年代学及其对峨眉山玄武岩省喷

- 发时代的约束[J]. 科学通报, 2004, 49: 1892-1900.
- [5] 罗志高, 王岳军, 张菲菲, 张爱梅, 张玉芝. 金滩和白马山印支期花岗岩体LA-ICPMS锆石U-Pb定年及其成岩启示[J]. 大地构造与成矿学, 2010, 34(2): 282-290.
- [6] 陈卫锋, 陈培荣, 黄宏业, 丁兴, 孙涛. 湖南白马山岩体花岗岩及其包体的年代学和地球化学研究[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2007, 37(7): 873-893.
- [7] 徐安武, 胡宁, 曾波夫. 中扬子泥盆纪岩相古地理及有关矿产[M]. 岩相古地理文集(7). 北京: 地质出版社, 1992: 127-172.
- [8] Wilson J L. Carbonate facies in geologic history [M]. New York: Springer-Verlag, 1975: 471.
- [9] 梁西文, 郑荣才, 盛贤才. 中扬子区晚三叠世层序充填及其构造学意义 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2008, 30(2): 69-72.
- [10] 梅冥相. 中上扬子印支运动的地层学效应及晚三叠世沉积盆地格局[J]. 地学前缘, 2010, 17(4): 99-111.
- [11] 赵小明, 童金南, 姚华舟, 田洋. 三峡地区印支运动的沉积响应[J]. 古地理学报, 2010, 12(2): 177-184.
- [12] 王随继, 黄杏珍, 妥进才, 邵宏舜, 阎存凤, 王寿庆, 何祖荣. 泌阳凹陷核桃园组微量元素演化特征及其古气候意义[J]. 沉积学报, 1997, 15(1): 65-70.
- [13] 经雅丽, 张克信, 林启祥, 朱云海, 王治平. 浙江长兴煤山下三叠统和龙山组、南陵湖组沉积地球化学特征与古环境意义[J]. 地质科技情报, 2005, 24(1): 35-40.
- [14] 杨振宇, 沈渭洲, 郑连弟. 广西来宾蓬莱滩二叠纪瓜德鲁普统一乐平统界线剖面元素和同位素地球化学研究及地质意义[J]. 地质学报, 2009, 83(1): 1-15.
- [15] 汪凯明, 罗顺社. 燕山地区中元古界高于庄组和杨庄组地球化学特征及环境意义 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2009, 28(4): 356-364.
- [16] Veizer J, Demovic R. Strontium as a tool in facies analysis [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1974, 44 (1): 93-115.
- [17] Jones B J, Manning A C. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones [J]. Chemical Geology, 1994, 111: 111-129.
- [18] Hatch J R, Leventhal J S. Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, U.S.A. [J]. Chemical Geology, 1992, 99: 65-82.
- [19] 颜佳新, 徐四平, 李方林. 湖北巴东栖霞组缺氧沉积环境的地球化学特征[J]. 岩相古地理, 1998, 18(6): 27-32.
- [20] 施春华, 黄秋, 颜佳新. 广西来宾栖霞组缺氧沉积环境的地球化学特征 [J]. 沉积与特提斯地质, 2001, 21(2): 72-77.
- [21] 吴明清, 欧阳自远. 铈异常——一个寻迹古海洋氧化还原条件变化的化学示踪剂 [J]. 科学通报, 1992, 37(3): 242-244.
- [22] Wright J, Schrader Hans, Holler W T. Paleoredox variation in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1987, 51: 631-644.
- [23] 胡召齐, 朱光, 张必龙, 陈印, 魏鑫, 张力. 上扬子北部褶皱带的构造应力场演化规律[J]. 地质科学, 2010, 45(2): 361-379.
- [24] 梅廉夫, 刘昭茜, 汤济广, 沈传波, 凡元芳. 湘鄂西-川东中生代陆内递进扩展变形: 来自裂变径迹和平衡剖面的证据[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2010, 35(2): 161-174.
- [25] 徐瑞春, 谢广林, 吴树仁. 清江流域断裂活动性与地壳稳定性研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 150-155.
- [26] 王令占, 田洋, 涂兵, 曾波夫, 谢国刚. 鄂西利川齐岳山高陡背斜带的古应力分析 [J]. 大地构造与成矿学, 2012, 36(4): 490-503.
- [27] 王令占, 涂兵, 田洋, 谢国刚, 曾波夫. 鄂西利川清江源地区高海拔砾石层的发现与分析[J]. 人民长江, 2011, 42(11): 1-4.
- [28] 王令占, 涂兵, 田洋, 谢国刚, 曾波夫. 鄂西清江中上游高海拔砾石层ESR定年及地质意义 [J]. 地球学报, 2012, 33(3): 316-322.
- [29] 白明洲, 许兆义, 王连俊, 王勤. 复杂岩溶地区隧道施工突水地质灾害研究[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(1): 114-118.
- [30] 白明洲, 许兆义, 王连俊, 王勤. 深埋隧道岩溶突水灾害的地质条件研究[J]. 铁道工程学报, 2006, (3): 21-24.