doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2023.2-3.005

滇西就康地区芒汇河组厘定:来自锆石 U−Pb 年龄 和双壳化石的证据

罗亮¹,王冬兵¹,楚道亮² LUO Liang¹, WANG Dongbing¹, CHU Daoliang²

1.中国地质调查局成都地质调查中心,四川成都 610081;

2.中国地质大学地球科学学院,湖北 武汉 430074

1. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China

摘要:滇西云县—景洪一带广泛分布的火山-沉积地层不仅是南澜沧江构造带的重要组成部分,同时也赋存着丰富的铜(银) 矿,其划分对比一度存在争议,制约了对南澜沧江构造带演化和铜矿成矿地质背景的认识。在景谷县就康剖面下部晶屑凝灰 岩中,获得 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄加权平均值为 237.9±1.1 Ma,在剖面上部首次采获了大量晚三叠世双壳化石,包括 7 个属,16种,可以建立 Cardium- Schafhaeutlia- Unionites? 组合,时代为卡尼中期—瑞替期,可与黔西南、滇东南、桂北相应时期的 双壳类序列进行对比。综合晶屑凝灰岩锆石 U-Pb 同位素年龄和双壳化石生物地层学证据,将该套地层对比为芒汇河组,时 代主体为晚三叠世,并非前人认为的早侏罗世。研究结果不仅对认识存在长期争议的南澜沧江带火山-地层时代、划分和区 域对比具有重要意义,还可以为探讨南澜沧江带构造演化与铜矿成矿地质背景研究提供新资料。 关键词:晚三叠世;锆石 U-Pb 测年;双壳化石;凝灰岩;南澜沧江带;地质调查工程;滇西

中图分类号:P597⁺.3:P534.51 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2023)02/03-0239-13

Luo L, Wang D B, Chu D L. Age constraints on the Manghuihe Formation in the Jiukang area, western Yunnan: evidence from zircon U–Pb age and bivalve fossils. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(2/3):239–251

Abstract: The widely distributed volcano-sedimentary strata in the Yunxian-Jinghong area of western Yunnan not only constitutes an important part of the southern Lancangjiang tectonic zone, but also is host of sizable copper (silver) deposits. Unfortunately, the age of this strata remains a topic of heated debate, which hinders our understanding of the evolution of the Lancangjiang zone as well as the geological background of copper mineralization. In this study, a U-Pb (LA-ICP-MS) weighted average age of 237.9 \pm 1.1 Ma for the zircon grains was obtained from the crystal tuff in the lower part of Jiukang section in Jinggu County. In addition, a large number of bivalve fossils of Late Triassic in age, including 7 genera and 16 species, were collected in the upper part of the study section for the first time. Detailed examination allows the establishment of the *Cardium – Schafhaeutlia – Unionites*? assemblage, which has been further determined to be of the middle Carnian to Rhaetian in age and comparable with the contemporaneous bivalve groups from the southwest Guizhou, southeast Yunnan and northern Guangxi. Accordingly, the volcano-sedimentary strata can be correlated with the Late Triassic Manghuihe Formation and is not of an Early Jurassic age as presumed by previously studies. This study not only is of great significance for the determination of the age, stratigraphic division and regional correlation of the highly-disputed volcano-sedimentary

作者简介:罗亮(1987-),男,高级工程师,从事地层学、沉积学与微体古生物学研究。E-mail:lianglegs@126.com

收稿日期:2021-04-22;修订日期:2021-10-29

资助项目:国家自然科学基金项目《基于古生物与锆石年代学综合研究限定南澜沧江带中—晚三叠世火山地层时代》(批准号: 41802031),中国地质调查局项目《西南重大工程地质安全调查与评价》(编号:DD20221811)、《西南地区区域基础地质调 查》(编号:DD20221635),第二次青藏高原综合科学考察研究项目《典型地区岩石圈组成、演化与深部过程》(编号: 2019QZKK0702)

sequence in the southern Lancangjiang tectonic zone, but also provides new complementary data for the study of the tectonic evolution of southern Lancangjiang tectonic zone and the geological background of copper mineralization.

Key words: Late Triassic; U–Pb dating of zircons; bivalve fossil; tuff; southern Lancangjiang tectonic zone; geological survey engineeing; western Yunnan

西南"三江"地区构造上位于古特提斯构造域 东段,冈瓦纳大陆与泛华夏陆块的结合部,由一系 列相对稳定的地块与规模不等的洋盆相间排列,经 过复杂的洋盆扩张、俯冲,弧陆(陆陆)碰撞等演化 过程,奠定了该区现今的主要构造格局(刘本培等, 1993;钟大赉等,1998;李兴振等,1999;潘桂棠等, 2003;罗亮等,2014;王冬兵等,2017)。南澜沧江带 是西南三江特提斯构造域的重要组成部分,其内火 山一沉积地层不仅记录了南澜沧江带的重要演化信 息,还发育民乐、官房、文玉等铜矿床,一度成为国 内外特提斯演化和成矿地质背景研究的热点。前 人研究主要集中于岩石(相)学(沈上越等,2002;邓 江红等,2003;王硕等,2012)、地球化学(朱勤文, 1993:朱勤文等,1993:张保民等,2004:沈上越等, 2006;张彩华等,2012)、年代学及构造意义(张彩华 等,2006;彭头平等,2006;Peng et al.,2008;2013;范 蔚茗等,2009; Wang et al., 2010; 朱维光等, 2011; 王 硕等,2012)、成矿地质背景(胡斌,2002;徐晓春等, 2004;杨岳清等,2006;张彩华,2006;刘德利,2008) 等方面,研究工作也多以火山岩为主,而对其中的 碎屑岩尤其是含化石的层位关注度不够,仅罗亮等 (2018a,b)报道了忙怀组中含中三叠世拉丁期叶肢 介化石。生物地层学对限定地层时代和开展地层 划分对比具有其他方法无可替代的显著意义。

南澜沧江带内呈狭长南北向分布的火山-沉积 地层自下而上可划分为中三叠统忙怀组(T₂m)和上 三叠统小定西组(T₃x)、芒汇河组(T₃mh),受岩石 组合较相似、火山岩延伸极其不稳定、化石稀缺等 因素影响,该火山-沉积地层沉积时代和区域地层 划分一度陷入混乱。前人在滇西普洱市景谷县就 康剖面发现了早侏罗世化石^①,从而新建下侏罗统 就康组(田应贵等,2006),与区域上报道的大量同 位素年龄不符。本次研究在景谷县就康剖面识别 出一套晶屑凝灰岩,对其进行了锆石 U-Pb 年代学 研究。同时在该剖面上部获得大量保存较好的双 壳化石。在对双壳化石开展生物地层学研究的基 础上,结合精确的同位素定年结果,限定就康剖面 火山-地层时代,为区域地层划分对比提供详实的 依据。

1 地质概况与采样剖面描述

西南三江造山带南段主要由金沙江结合带、南 澜沧江结合带、昌宁-孟连结合带、潞西-瑞丽结合带 (?)和兰坪-思茅地块、临沧-勐海增生地块、保山-镇康地块及腾冲-梁河岩浆弧构成(潘桂棠等, 2009;王冬兵等,2017)(图 1-a)。部分学者习惯将 保山地块与兰坪-思茅地块之间的广大区域称为南 澜沧江构造带(韦诚等,2016;王舫等,2016;2017), 包括了昌宁-孟连结合带、临沧花岗岩基及其东侧 的火山-沉积岩带。昌宁-孟连结合带因记录了原-古特提斯演化的成岩和成矿事件而得到地质学者 的广泛关注(Wang et al., 2013; 聂小妹, 2016; 王冬 兵等,2016;王保弟等,2018;潘桂棠等,2019;王恩泽 等,2021),随着东部澜沧岩群增生杂岩研究的逐步 开展及高压-超高压变质岩的陆续报道(赵靖等, 1994a,b;宋仁奎等,1997;Fan et al.,2015;李静等, 2015; 王舫等, 2016; Wang et al., 2019; 彭智敏等, 2019; Wang et al., 2020), 昌宁-孟连带代表了特提 斯主支洋盆的缝合带已被大家普遍接受,足见昌 宁-孟连结合带的重要性,再将昌宁-孟连结合带统 归入澜沧江构造带已明显欠妥。

临沧花岗岩基以东、兰坪-思茅地块以西,由于 出露大面积的火山-沉积地层、基性-超基性杂岩体 及晚古生代海相沉积岩,同时赋存了大量铜矿,成 为不同学者研究的热点区域。地理上,澜沧江从本 区域南北向穿过,大量学者将该带统称为南澜沧江 构造带(潘桂棠等,2009;王冬兵等,2017;罗亮等, 2018a,b)。因此,本文表述的南澜沧江结合带是位 于兰坪-思茅地块与临沧-勐海增生地块之间,并非 保山地块与印支地块之间的广大区域。对于南澜 沧江带的构造属性前人做过大量研究,有古特提斯 结合带(张翼飞等,2001)、岛弧(从柏林等,1993;张 旗等,1996)、弧后盆地(王冬兵等,2017)等不同 认识。





本次研究在澜沧江南带中部地层出露较好的 景谷地区开展详细地质调查的基础上,于 S252 与 S327 交汇处就康村修测了就康剖面(图 1-c)。就 康剖面为前人开展 1:25 万临沧幅^①时测制,并据 此新建下侏罗统就康组,从而打破了澜沧江带缺失 早侏罗世地层记录的传统认识。笔者及团队在研 究区开展了1:5万区域地质调查,取得了系列新认 识。研究区主要地层为上二叠统羊八寨组(P₃y) (含煤)细碎屑岩、中三叠统忙怀组(T₂m)中酸性火 山岩一碎屑岩组合、上三叠统芒汇河组(T₃mh)细碎 屑岩夹基性火山岩、凝灰岩、灰岩组合,以及上侏罗 统一下白垩统红层沉积(图 1-b)。

就康剖面地层厚度约3km,大致可分为三部分 (图1-d):下部岩性为灰紫色—紫色厚层—块状中 细粒岩屑砂岩、粉砂质泥岩和泥岩,泥岩中发育水 平层理(第1大层);中部为碎屑岩和火山岩间互产 出,碎屑岩主要由紫色岩屑砂岩及粉砂岩、泥质粉 砂岩和泥岩组成。火山岩主要为英安岩、玄武岩、 凝灰岩等(第2~6大层),其中凝灰岩呈晶屑凝灰结 构(图2~c,d),块状构造。晶屑成分主要为钾长石 (约4%)、斜长石(约2%)、石英(约15%),少量岩 屑(约1%),成分为安山质岩屑,胶结物为火山灰胶 结,多数已重结晶为隐晶质的长英质矿物;上部由 一套红色细碎屑岩夹灰岩组成,主要岩性为细粒岩 屑砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩和灰岩(第7~10 大层),野外产状第8层与第10层分别为向斜和背 斜,地层有重复,第7层和第9层应该也有重复(图 1-d)。其中灰岩镜下呈含砂质重结晶泥晶生屑结构(图 2-b),岩石由生屑(约 70%)、陆源砂(约 15%)组成,生屑由双壳类、腹足 类、藻类、海百合类等组成,大小 0.2~5 mm,少部分 大于 5 mm,杂乱分布,组成矿物为方解石及少量铁 质、有机质等。陆源砂由石英、少量白云母等组成, 呈次圆状、次棱角状,粒度 0.05~0.5 mm,杂乱分布。 填隙物由泥晶基质及少部分亮晶胶结物组成,填隙 状分布在生屑间。泥晶基质组成矿物为方解石,粒 径一般小于 0.01 mm,少部分重结晶为粉晶级。亮 晶胶结物组成矿物为方解石,方解石呈他形粒状, 具晶粒结构,粒径一般为 0.01~0.05 mm。顶部被中 侏罗统花开左组微角度不整合覆盖。

2 锆石 U-Pb 年龄

锆石挑选在廊坊市诚信地质服务公司完成。 选择晶形较好、无裂隙的锆石颗粒粘贴在环氧树脂 表面制成锆石样品靶,打磨样品靶,使锆石的中心 部位暴露出来,然后进行抛光。在武汉上谱分析科



图 2 南澜沧江带就康剖面野外和显微镜下照片

Fig. 2 Typical field photos and images under the optical microscope from the Jiukang section in the southern Lancangjiang zone a-生物碎屑灰岩;b-生物碎屑灰岩镜下照片;c、d-凝灰岩显微镜下照片;Q-石英;Pl-斜长石;Kfs-钾长石 技有限责任公司对锆石进行反射光、透射光显微照 相和阴极发光(CL)图像分析,据此选择代表性的锆 石颗粒和区域进行 U-Pb 测年。锆石 U-Pb 同位素 定年在中国地质调查局成都地质调查中心实验室 完成,激光剥蚀系统为 GeoLasPro 193 nm 激光系 统,质谱为高分辨电感耦合等离子体质谱仪 ELEMENT2,实验采用高纯氦气作为剥蚀物质的载 气,激光波长 193 nm,束斑 32 μm,脉冲频率 5 Hz, 激光能量为 70 mJ,测试前先采用 NIST610 标准调 谐仪器至最佳状态,使¹³⁹La、²³²Th 信号达到最强,并 使氧化物产率²³²Th¹⁶O/²³²Th <0.3%。实验采用锆 石标样 GJ-1 为外标进行 U-Pb 同位素分馏效应和 质量歧视的校正计算,Plěsovice 锆石标样为监控盲 样监视测试过程的稳定性。测试时每 5 个样品点插 一组标样(Yang et al.,2019)。数据处理采用软件 ICPMSDataCal(Liu et al.,2010)。锆石样品的U-Pb 年龄谐和图绘制和年龄加权平均值计算均采用 Isolot/Ex_ver3(Ludwig,2003)完成。

本次研究在就康剖面第2层采集了晶屑凝灰岩 样品(编号 PM01-TW1),样品重约8 kg,从中挑选 出约2000粒锆石。锆石晶体呈无色或浅黄色,自形 程度好,多为短柱状,少量为长柱状,长轴一般在 80~200 µm之间。锆石阴极发光(CL)图像显示密 集的岩浆振荡环带,无继承性核和变质边,表明其 为岩浆成因锆石(图3)。笔者对75颗锆石开展了 U-Pb定年,其中有8个点的年龄不谐和,66个点分 布在谐和线上,谐和度全部大于89%(绝大部分大 于95%),Th/U值均大于0.1,年龄分布在232~ 1875 Ma的较宽范围内(表1;图4-a)。其具体组成为: 3颗锆石 U-Pb 年龄为1536 Ma、1789 Ma和1829 Ma



图 3 南澜沧江带晶屑凝灰岩代表性锆石阴极发光(CL)图像和分析点位

Fig. 3 Representative CL images of zircons with analyzed spots labeled from the crystal tuff in the southern Lancangjiang zone





Fig. 4 U-Pb age concordia diagrams of zircons from the crystal tuff in the southern Lancangjiang zone

表1 滇西景谷县就康剖面凝灰岩样品(PM01-TW1)LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dates from the crystal tuff(PM01-TW1) at the Jiukang section in the

Jinggu County, Western Yunnan

测点号			Th/U	同位素比值								
	Th	U		$^{207} Pb^{235} U$	207 Pb/ 235 U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb ²³⁵ U	207 Pb/ 235 U	$^{206} Pb/^{238} U$	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	谐相度
1	274	368	0.74	0.26	0.0183	0.0367	0.0008	235	14.8	232	4.9	98%
2	723	582	1.24	0.2973	0.0149	0.038	0.0007	264	11.6	241	4.4	90%
3	32.4	84.0	0.39	0.2773	0.0281	0.0384	0.0012	248	22.4	243	7.6	97%
4	440	476	0.92	0.2578	0.0155	0.0377	0.0007	233	12.5	238	4.5	97%
5	605	903	0.67	0.284	0.0129	0.037	0.0005	254	10.2	234	3.1	91%
6	300	856	0.35	0.2823	0.0109	0.0378	0.0006	252	8.6	239	3.8	94%
7	141	235	0.60	0.242	0.0177	0.0379	0.0008	220	14.5	240	5	91%
8	374	578	0.65	0.2715	0.0165	0.0378	0.0007	244	13.2	239	4.1	98%
9	364	996	0.37	0.2591	0.0114	0.0376	0.0006	234	9.2	238	3.5	98%
10	135	214	0.63	0.2905	0.018	0.0386	0.0008	259	14.2	244	5.2	94%
11	161	412	0.39	0.2707	0.0116	0.0375	0.0006	243	9.2	238	3.9	97%
12	715	1439	0.50	0.301	0.0103	0.0375	0.0005	267	8	238	3.2	88%
13	538	1075	0.50	0.2601	0.0092	0.0373	0.0006	235	7.4	236	3.6	99%
14	228	320	0.71	0.2918	0.0182	0.0375	0.0006	260	14.3	237	4	90%
15	386	674	0.57	0.2906	0.0128	0.0401	0.0008	259	10	254	4.7	97%
16	527	951	0.55	0.3044	0.0114	0.0375	0.0006	270	8.8	237	3.6	87%
17	400	616	0.65	0.2818	0.0163	0.0371	0.0007	252	12.9	235	4.2	92%
18	86.3	166	0.52	0.3028	0.0255	0.0382	0.0009	269	19.9	242	5.7	89%
19	162	307	0.53	0.2671	0.016	0.0373	0.0007	240	12.8	236	4.4	98%
20	295	761	0.39	0.2652	0.0115	0.0375	0.0007	239	9.3	237	4.2	99%
21	87.1	161	0.54	0.2912	0.0225	0.0379	0.0009	259	17.7	240	5.9	92%
22	531	391	1.36	0.3274	0.0164	0.0423	0.0007	288	12.5	267	4.2	92%
23	114	209	0.55	0.2808	0.0197	0.0376	0.0008	251	15.6	238	5.3	94%
24	361	176	2.05	0.3045	0.0251	0.0386	0.0009	270	19.5	244	5.7	90%
25	510	877	0.58	0.2935	0.0123	0.0377	0.0006	261	9.7	239	3.8	90%
26	494	1379	0.36	0.2814	0.0099	0.0376	0.0006	252	7.9	238	3.7	94%
27	367	885	0.41	5.2052	0.1226	0.3376	0.0055	1853	20.1	1875	26.6	98%
28	691	824	0.84	0.2957	0.014	0.0373	0.0006	263	11	236	3.6	89%
29	199	284	0.70	0.2682	0.0181	0.0377	0.0009	241	14.5	239	5.7	98%
30	256	596	0.43	0.2958	0.0145	0.041	0.0007	263	11.3	259	4.5	98%
31	589	1029	0.57	0.2601	0.0105	0.0375	0.0006	235	8.5	237	3.7	98%
32	626	667	0.94	0.2796	0.0138	0.0377	0.0006	250	10.9	238	3.8	95%
33	453	506	0.90	0.2624	0.0153	0.0376	0.0007	237	12.3	238	4.1	99%
34	1005	902	1.11	0.3344	0.0143	0.0418	0.0007	293	10.9	264	4.6	89%
35	532	750	0.71	0.4435	0.0162	0.0574	0.0008	373	11.4	360	4.6	96%
36	594	1075	0.55	0.2685	0.0132	0.0374	0.0006	241	10.6	237	3.4	97%

245

												续表1
测片中			TT1 / L L		同位素	素比值			迷和声			
测点亏	Th	U	Th/U	$^{207} Pb^{/235} U$	207 Pb/ 235 U	206 Pb/ 238 U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	$^{207} {\rm Pb}^{\!\!/235} {\rm U}$	207 Pb/ 235 U	$^{206} \mathrm{Pb}/^{238} \mathrm{U}$	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	
37	924	1129	0.82	0.2586	0.0101	0.0373	0.0006	234	8.1	236	3.8	98%
38	59.0	110	0.54	0.2992	0.0286	0.0388	0.0011	266	22.4	245	6.9	92%
39	339	813	0.42	0.2603	0.0133	0.0373	0.0006	235	10.7	236	3.8	99%
40	79.0	157	0.50	0.2698	0.0241	0.0377	0.0009	243	19.2	239	5.7	98%
41	142	219	0.65	0.2714	0.019	0.0375	0.0009	244	15.2	237	5.7	97%
42	758	551	1.38	0.242	0.0098	0.0377	0.0007	220	8	239	4.2	91%
43	324	377	0.86	4.6359	0.121	0.3061	0.0048	1756	21.8	1721	23.7	98%
44	366	334	1.10	0.2861	0.0205	0.0372	0.0008	255	16.2	236	4.8	91%
45	294	378	0.78	0.2502	0.0146	0.0378	0.0006	227	11.9	239	3.8	94%
46	166	306	0.54	0.2851	0.0155	0.0375	0.0008	255	12.2	237	4.9	92%
47	180	287	0.63	0.2932	0.0204	0.0378	0.0007	261	16	239	4.6	91%
48	363	846	0.43	0.287	0.0125	0.0375	0.0006	256	9.8	237	4	92%
49	83.8	171	0.49	0.2665	0.0228	0.0374	0.0009	240	18.3	237	5.7	98%
50	43.2	123	0.35	0.2988	0.0351	0.0381	0.001	265	27.5	241	6	90%
51	37.4	118	0.32	0.3013	0.0245	0.0379	0.001	267	19.1	240	6.2	89%
52	383	864	0.44	0.2749	0.0118	0.0374	0.0006	247	9.4	236	4	95%
53	67.9	119	0.57	0.2903	0.0259	0.0374	0.0011	259	20.4	236	6.8	90%
54	250	735	0.34	0.2922	0.0147	0.0377	0.0007	260	11.5	238	4.6	91%
55	410	696	0.59	0.2888	0.0137	0.0372	0.0005	258	10.8	235	3.4	90%
56	306	795	0.38	0.2671	0.0144	0.0375	0.0007	240	11.5	238	4.1	98%
57	24.1	69.7	0.35	0.2915	0.0319	0.0396	0.0013	260	25.1	250	8	96%
58	560	764	0.73	3.5417	0.1111	0.2654	0.004	1537	24.9	1517	20.2	98%
59	41.7	103	0.40	0.2911	0.0276	0.039	0.0011	259	21.7	247	7	94%
60	41.0	94.2	0.44	0.2819	0.0248	0.0375	0.0012	252	19.7	237	7.6	93%
61	673	805	0.84	0.307	0.0137	0.0385	0.0006	272	10.6	244	4	89%
62	107	170	0.63	0.2959	0.0283	0.0399	0.001	263	22.2	252	6.4	95%
63	500	1108	0.45	0.2785	0.0109	0.0375	0.0007	249	8.6	237	4.1	94%
64	298	303	0.98	0.3014	0.0213	0.0413	0.0008	267	16.6	261	5	97%
65	278	313	0.89	0.291	0.0182	0.0379	0.0008	259	14.3	240	4.9	92%
66	209	615	0.34	0.2837	0.0135	0.0377	0.0007	254	10.7	239	4.2	93%
67	88.8	213	0.42	0.2645	0.0196	0.0378	0.0009	238	15.8	239	5.8	99%

(年龄值大于 1000 Ma 时采用²⁰⁷ Pb/²⁰⁶ Pb 年龄,其余 采用²⁰⁶ Pb/²³⁸ U年龄),1 颗锆石年龄为 360 Ma,6 颗 分布在 252~267 Ma 之间,56 颗分布在 232~250 Ma 之间,形成一个显著的尖峰,年龄加权平均值为 237±1.1 Ma(MSWD=0.29, n=56)(图 4-b)。

本次研究中,凝灰岩样品在镜下呈典型的晶屑 凝灰结构,分选出的锆石与碎屑岩相比总量较少, 均为单一岩浆结构,形态基本统一。究其年龄组成,除较老的10颗(3颗大于1000 Ma和7颗分布在360~252 Ma之间)外,剩下56颗形成一个非常集中的峰值,此结果与常见的碎屑岩锆石具有宽广且多峰值的年龄组成不同。从镜下特征看,岩石主要由晶屑(石英、钾长石、斜长石)、胶结物(隐晶质的长英质矿物)及少量安山质岩屑组成,表明该样

品中最集中且最年轻的一组年龄可以代表凝灰岩的沉积年龄。因此,笔者认为237±1.1 Ma可以限定该凝灰岩的原始沉积时代。

3 双壳化石

本次双壳化石采集于云南省景谷县就康剖面 第8层和第9层,经鉴定合计有7个属,16个种。 其中第8层出现2个属,6个种,分别为: Cardium neguam, C. martini, C. cf. martini?, C. sp., Unionites? Rhomboidalis, U. qiubeiensis (图版 I)。第9层包括8 个属,12个种,分别为: Unionites. rhomboidalis, U. lutrariaeformis, U.cardiiformis, U.ellipticus, Modiolus magnus, Isognomon obruta, Yunnanophorus boulei, Schafhaeutlia subastartiformis, S. sphaerioides, Palaeoneilo f. subexcentrica (图版 II)。

本次综合所采集的化石资料和前人研究成果, 讨论这些地层中的双壳类组合及其时代意义。第8 层以 Cardium 属为主, 壳大而膨凸, 圆形或稍长, 最 显著的特征是壳面发育较细的放射脊,包括2个种, 1个相似种,1个未定种,分别为 Cardium neguam, C. martini, C. cf. martini?, C. sp. 。Cardium 属为异齿目在 晚三叠世的特征属(中国科学院南京地质古生物研 究所,1976)。前人关于 Cardium 属的研究报道较 少,见于兰坪县上三叠统中---上部麦初箐组、祥云 组(顾知微等,1976;郭福祥等,1985)。第8层还见 少量 Unionites qiubeiensis,其见于上三叠统下部乌格 组(郭福祥等,1985)。第9层产大量双壳化石,总 体丰度高,分异度中一低,其中以 Schafhaeutlia sphaerioides 和 Unionites sphaerioides 为优势种。 Schafhaeutlia 属是晚三叠世的代表属(顾知微等, 1976), Unionites 属在中国西南地区广泛分布, 为瑞 替期半咸水双壳的典型代表(张彦伟等,2014)。笔 者在本剖面下部第1层发现叶肢介与双壳化石混生, 为本剖面 Unionites 属生活于半咸水提供了有力佐证。

图版 I Plate I



1~5. Cardium neguam Healey;1. 右外模,标本号 PM01-1;2. 左外模,标本号 PM01-2;3. 右内膜,标本号 PM01-3;4. 左外模,标本号: PM01-12;5. 右 外模,标本号 PM01-15.6~10 Cardium martini Böttger.6. 右外模,标本号 PM01-4;7. 右外模,标本号 PM01-5;8. 右外模,标本号 PM01-6;9. 右外 模,标本号 PM01-8;10. 左外模,标本号 PM01-14.11 . Cardium cf. martini? Böttger, 左外模,标本号 PM01-7;12~13. Unionites? thomboidalis Chen et Chang, 12, 左外模,标本号 PM01-17;13. 左内膜,标本号 PM01-20;14. Unionites qiubeiensis Guo, 右外模,标本号 PM01-18;15. Cardium sp., 右外模, 标本号 PM01-25。比例尺为 3 mm



1~3.Modiolus magnus J.Chen;1.右内膜,标本号 PM01-011;2.右内膜,标本号 PM01-034-1;3.左内膜,标本号 PM01-034-3;4.Lognomon obnuta (Healey),右内膜,标本号 PM01-033-1;5.Yunnanophonus boulei (Patte),左内膜,标本号 PM01-021-2;6.Schafhaeutlia subastartifornis (Krumbeck),左 内膜,标本号 PM01-015;7. Palaeoneilo g.subexcentrica Chen,右内膜,标本号 PM01-009;8~19.Unionites homboidalis Chen et Chang;8.右内膜,标本号 PM01-023;9.左内膜,标本号 PM01-013;10.左内膜,标本号 PM01-035;11.右内膜,标本号 PM01-029-1;12.左内膜,标本号 PM01-029-2;13. 左内膜,标本号 PM01-033-2;14.左内膜,标本号 PM01-036;15.右内膜,标本号 PM01-046-3;16.左内膜,标本号 PM01-047-2;17.右内膜,标本号 PM01-047-3;18.右内膜,标本号 PM01-048-1;19.右外模,标本号 PM01-0152-1;20~32.Schafhaeutlia subastartiofes (Böttger);20.右内膜,标本 号 PM01-004;21.右内膜,标本号 PM01-012-1;22.左内膜,标本号 PM01-017-1;23.右内膜,标本号 PM01-024-1;24.右内膜,标本号 PM01-024-2;25.右内膜,标本号 PM01-028-2;26.左内膜,标本号 PM01-028-3;27.左内膜,标本号 PM01-039;28.右内膜,标本号 PM01-040-1;29.左内膜,标本号 PM01-043-3;30.右内膜,标本号 PM01-004-1;31.右内膜,标本号 PM01-005-2;35.右内膜,标本号 PM01-039;28.右内膜,标本号 PM01-057.33~35.Unionites lutrariaeformis (Krumbeck);33.右内膜,标本号 PM01-001;34.左内膜,标本号 PM01-005-2;35.右内膜,标本号 PM01-025-1;39.右内膜,标本号 PM01-025-2;40. 右内膜,标本号 PM01-002;37.右内膜,标本号 PM01-012-2;38.右内膜,标本号 PM01-024-1;43.左内膜,标本号 PM01-025-2;40. 右内膜,标本号 PM01-025-1;45~46.Unionites ellipticus J.Chen;45.左内膜,标本号 PM01-026-1;46.左内膜,标本号 PM01-024-1;65.5 nmm

4 时 代

1:20万景谷幅²将本次研究的火山-沉积地层 厘定为下侏罗统(J₁?),未给组名。1:25万临沧幅¹ 和田应贵等(2006)在就康剖面建立了早侏罗世双壳 类、叶肢介、介形类化石组合带,据此新建下侏罗统就 康组(J₁*j*)。近年来南澜沧江带南部内完成的大比例 尺区调工作³³⁴主要参考了1:25万临沧幅¹较早期 报道的早侏罗世化石资料(均未见化石图版),将该 套原划中—晚三叠世的火山-沉积地层厘定为早侏罗 世,显然与区域上报道的大量同位素年龄不吻合。

区域上对南澜沧江带火山-沉积地层划分与对 比研究要追溯到 20 世纪 80 年代,1:20 万景谷幅^④ 和 1:20 万思茅幅^⑤将该套火山地层细分为中三叠统 的 T₂a、T₂b 和上三叠统的 T₃a、T₃b、T₃c 及下侏罗统 的 J₁?,均未给出相应的组名。张远志等(1996)清理 云南省岩石地层时明确该套地层为中三叠统忙怀组 与上三叠统小定西组。1:5 万那许等 4 幅区调^⑥沿 用了中三叠统忙怀组并将上三叠统细分为小定西组 和芒汇河组。罗亮等(2018a,b)报道了景谷县陶家村 原划 就康 组火山 - 沉积地层内含 E.minuta、E.sp., E.yipinglangensis, E.dazuensis 等拉丁期叶肢介化石,将 赋存地层对比到忙怀组。

近年随着同位素测年技术的发展,不少学者亦对 区域上该套火山一沉积地层的形成时代进行了研究报 道。在澜沧江带南部,王硕等(2012)和 Peng et al. (2013)先后在景洪附近和澜沧-思茅公路上对忙怀 组开展研究,获得其中安山岩斜长石 Ar-Ar 坪年龄和 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分别为 236.7±2.2 Ma和 230±2 Ma。在澜沧江带北部的云县棉花地忙怀组上 段的流纹岩样品中获得了 231.0±5.0 Ma 的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄(彭头平等,2006)。小定西组和芒汇 河组火山岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分别为 214± 7 Ma 和 210±22 Ma(Wang et al., 2010)。但是 Peng et al.(2008)在景洪县南边获得的安山岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 248.5±6.3 Ma,指出该套火山岩的形成 时代是早三叠世,而非之前认为的中---晚三叠世。 1:5万半坡等6幅^④报道了芒汇河组英安岩中4个 锆石 LA-ICP-MS 年龄,分别为 232.7±5.8 Ma、232.6± 2.2 Ma、196.7±2.3 Ma 和 198.1±3.5 Ma。前人在南澜 沧江带南北部对该套火山岩开展同位素定年和少量 生物地层学研究,并未达成一致认识,时代从早三叠

世到早侏罗世。

本次研究在就康剖面上部第8和第9层采获大 量双壳化石,第8层以 Cardium 属的 Cardium neguam, C.martini, C. cf.martini?, C. sp., 等为主, 为晚三叠世 的特征属种。第9层以 Unionites 属的 Unionites. rhomboidalis, U.lutrariaeformis, U.cardiiformis, U.ellipticus 等 和 Schafhaeutlia 属的 Schafhaeutlia sphaerioides 为主, Schafhaeutlia sphaerioides 见于广西西北部上三叠统卡 尼阶黑苗湾组(吴年冬等,2017)。朱亚卓等(2013) 指出, S. sphaerioides 大量出现在 Palaeopharus -Trigonucula 组合内,该组合可与陈金华(1982;1983) 描述的产于粤北乐昌小水组、曲江牛牯墩组和湘东 南杨梅垅组 Palaeopharus - Oxytoma 组合中的 Palaeopharus-Tosapecten 亚组合, 钱丽君等(1987)的 Oxytoma mojsisoviosi-Plagiostoma xiaoshuiensis 组合及荷 宗海等(1993)的 Halobia longmendongensis - Myophoria (Elegantinia) minor 组合对比,时代上属于卡尼期中 期—诺利期早期(表2)。

Unionites? emeiensis 顶峰带以半咸水双壳类 Unionites 属为主的低分异度、高峰度动物群,广泛分 布于华南及相邻地区(张彦伟等,2014),与本剖面 第9层双壳化石特征相符。该化石带与越南西北部 上三叠统 Suoi Bang 组上部 Cardinia - Unionites damdunensis 组合带、缅甸的海相双壳类 Rhaetavicula-Burmesia 组合带、中国云南中部白土田组 Unionites? emeiensis-Yunnanophorus gracilis 组合及四川盆地须家 河组上段 Modiolus weiyuanensis-Unionites? emeiensis 组 合可对比(马其鸿等,1976;刘啸虎等,1984; Vu Khuc et al., 1998; McRoberts, 2010) . Rheatavicula contorta 被认为是瑞替期的代表化石, Suoi Bang 组下 部 Burmesia-Halobia norica 组合带中含诺利早中期菊 石和诺利晚期双壳化石(Vu Khuc et al., 1998),由 此 Unionites? emeiensis 顶峰带时代延限主要为瑞替 期。Unionites. rhomboidalis 为卡尼—诺利期组合 Trigonodus carniolicus – Unionitesl rhomboida 的重要分子 (Sha et al., 1996), 普遍出现在华南、西藏的诺利期或 者晚三叠世(张作铭等,1979)。Trigonodus carniolicus-Unionitesl rhomboida 组合中的 Unionites griesbachi 种也广 泛见于越南(Vu Khuc et al., 1991)、米苏尔岛、印度 尼西亚的晚三叠世(Hasibuan et al., 1990)。Sha 等 (1996)认为,产于浅水的 Trigonodus carniolicus -Unionitesl rhomboida 组合与产于深水复理石的 Halobia

	表 2	晚三叠世双壳类组合划分
Table 2	The evolution	of the bivalves assemblages in Late Triassi

陈金华 (1982;1983)		钱丽君等 (1987)	苟宗海等(1993)		朱亚卓等(2013)		Vu khuc et al. (1998)		张彦伟等(2014)	本文	
诺利晚期 一瑞替期	<i>Waagenoperna</i> 组合	Unionites? emeiensis 为代表	诺利晚 期一瑞 替期				瑞替期	Cardinia-Unionites dadunensis 组合	Unionites? emeiensis顶峰带		
卡尼晚期	Asoella- Orvtoma 组合	送1444 诺利 早中期		Burmesia lirata 组合			诺利期	Burmesia–Halobia norica 组合	-	卡尼	Cardium-
卡尼 早—中期	Palaeppharus- Tosapecten 亚组合 Bakevelloides- Jiangxiella组合	Oxytoma mojsisoviosi- Plagiostoma xiaoshuiensis 为代表	卡尼晚期	Halobia longmendongensis- Myophoria (Elegantinia) minor 组合	卡尼中 一诺利 早期	Palaeppharus- Tosapecten 组合 Bakevelloides- Jiangxiella 组合	卡尼相	Margaritropites– Halobia talauana 组合		中期 — 瑞 替期	Schafhaeutlia- Unionites? 组合
卡尼早期	Guangdongella- Bakevellia组合	Bakeveloides hekiensis- Palaeopharus oblongatus 为代表	卡尼 早期	Halobia couvexa- Myophoria (Elegantinia) cf. venusta 组合			נאג בזי יו	Discotropites– Zittelihalobia superba 组合			

组合产于近同期不同沉积环境中,确定发生于晚三 叠世。U.lutrariaeformis亦广泛报道于云南、贵州、西 藏和青海南部及阿尔卑斯地区,为晚三叠世卡尼— 诺利期的代表分子。U.cardiiformis 为半咸水分子,见 于四川盆地须家河组,可与滇东、黔西南火把冲组 上部、滇中祥云组上部、一平浪组及滇西白基阻组 上部的双壳组合对比,时代为诺利期(孟繁松等, 2005)。U(=Weiyuanella).ellipticus 同样见于云南上 三叠统歪古村组,所在双壳化石群属卡尼—诺利期 (文海霞等,2011)。综上分析,本次在第8层和第9 层新发现的双壳化石可以建立 Cardium – Schafhaeutlia-Unionites? 组合,时代为卡尼中期—瑞替期,分布于 就康 剖 面 上 部,双 壳 化 石 以 Cardium martini, Schafhaeutlia sphaerioides, Unionites? rhomboidalis 等为 代表。

本次在就康剖面下部晶屑凝灰岩中获得了最 年轻一组 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄加权平均值 为 237.9±1.1 Ma,该年龄可以限定该凝灰岩的沉积 时代,表明该套地层最下部位于中三叠世与晚三叠 世界线附近。综合本次获得的就康剖面下部晶屑 凝灰岩锆石 U-Pb 年龄和双壳化石生物地层学证 据,认为就康剖面地层时代主体为晚三叠世,底部 可能跨入中三叠世拉丁晚期,并非前人认为的早侏 罗世。就康剖面中下部出露大量基性火山岩,上部 主体为红色—紫红色碎屑岩局部夹不稳定灰岩,依 据其岩性特征及新获得的时代证据,可将该地层对 比为芒汇河组,时代主体为晚三叠世。

5 结 论

(1)在滇西南澜沧江带就康剖面下部晶屑凝灰 岩中获得锆石 U-Pb 年龄加权平均值为 237±1.1 Ma。 (2)在就康剖面第 8 和第 9 层中新发现大量双 壳化石,计有 7 个属,16 个种,可以建立 *Cardium*-*Schafhaeutlia*- *Unionites*? 组合,时代为卡尼中期—瑞 替期。

(3)综合就康剖面下部晶屑凝灰岩锆石 U-Pb 年龄与上部发现的双壳化石,认为该剖面地层主体 时代为晚三叠世,并非前人认为的早侏罗世。依据 新获得的时代依据,可将就康剖面出露地层对比为 芒汇河组。

致谢:双壳化石鉴定得到中国地质大学(武汉) 陈晶老师、张雄华老师、黄兴博士的帮助;锆石 U-Pb 定年在中国地质调查局成都地质调查中心胡志 中高级工程师帮助下完成,在此一并表示衷心的 感谢。

注释

- ①云南省地质矿产局.1:25万临沧、滚龙幅(国内部分)区域地质调 查报告[R].2003.
- ②云南省地质矿产局.1:20万景谷幅区域地质调查报告[R].1981.

③云南省地质调查院.1:25 万澜沧县、勐海县幅区域地质调查报告[R]. 2013.

- ④云南省地质调查院.1:5万半坡、大山、谦六、芒蚌街、丫口街、官 房等6幅区域地质调查报告[R].2014.
- ⑤云南省地质矿产局.1:20万思茅幅区域地质调查报告[R].1983.
- ⑥云南省地质调查院.1:5万那许、弯手寨、黄竹林、黄草坝幅区域 地质调查报告[R].2000.

参考文献

- Fan W M, Wang Y J, Zhang Y H, et al. Paleotethyan Subduction Process Revealed fromTriassic Blueschists in the Lancang Tectonic Belt of Southwest China[J]. Tectonophysics, 2015, 662: 95–108.
- Hasibuan F. Mesozoic stratigraphy and paleontology of Misool Archipelago, Indonesia[D]. The University of Auckland, 1990.
- Liu Y S, Gao S, Hu Z C, et al. Continental and oceanic crust recycling-

induced melt – peridotite interactions in the Trans – North China Orogen: U–Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths[J].Journal of Petrology, 2010, 51: 537–571.

- Ludwig K R.ISOPLOT 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[M].Berkeley, California: Berkeley Geochronology Center, 2003.
- McRoberts C A. Biochronology of Triassic bivalves [J]. Geological Society, London, Special Publications, 2010, 334: 201–219.
- Peng T, Wang Y, Zhao G, et al. Arc-like volcanic rocks from the southern Lancangjiang zone, SW China: Geochronological and geochemical constraints on their petrogenesis and tectonic implications [J]. Lithos, 2008, 102: 358–373.
- Peng T, Wilde S A, Wang Y, et al.Mid-Triassic felsic igneous rocks from the southern Lancangjiang Zone, SW China: Petrogenesis and implications for the evolution of Paleo – Tethys [J]. Lithos, 2013, 168/169: 15–32.
- Sha J G, Grant–Mackie J A.Late Permian to Miocene bivalve assemblages from Hohxil, Qinghai–Xizang Plateau, China[J].Journal of the Royal Society of New Zealand, 1996, 26(4): 429–455.
- Vu Khuc, Dang T H. Triassic correlation of the Southeast Asian mainland [J]. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 1998, 143: 285–291.
- Vu Khuc, Vu Chau, Dzanh T, et al. Paleontological atlas of Vietnam 3, Mollusca[M].Hanoi: Science and Technics Publishing House, 1991.
- Wang B D, Wang L Q, Pan G T, et al. U Pb zircon dating of Early Paleozoic gabbro from the Nantinghe ophiolite in the Changning – Menglian suture zone and its geological implication[J]. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(8): 920–930.
- Wang F, Liu F L, Schertl, et al. Paleo Tethyan Tectonic Evolution of Lancangjiang Metamorphic Complex: Evidence from SHRIMP U–Pb Zircon Dating and ⁴⁰ Ar/³⁹ Ar Isotope Geochronology of Blueschists in Xiaoheijiang–Xiayun Area, Southeastern Tibetan Plateau[J]. Gondwana Research, 2019, 65: 142–155.
- Wang H N, Liu F L, Santosh M, et al. Subduction Eosion Asociated with Paleo-Tethys Cosure: Deep Sbduction of Sdiments and Hgh Pessure Mtamorphism in the SE Btan Plateau[J]. Gondwana Research, 2020, 82: 171–192.
- Wang Y, Zhang A, Fan W, et al. Petrogenesis of late Triassic post collisional basaltic rocks of the Lancangjiang tectonic zone, southwest China, and tectonic implications for the evolution of the eastern Paleotethys: Geochronological and geochemical constraints [J]. Lithos, 2010, 120: 529–546.
- Yang F, Sun J G, Wang Y, et al. Geology, Geochronology and Geochemistry of Weilasituo Sn – Polymetallic Deposit inInner Mongolia, China[J]. Minerals, 2019, 9(2): 104.
- 陈金华.湘赣粤地区晚三叠世和早侏罗世双壳类组合及古地理概 要——兼谈该时期中国双壳类区系的划分[C]//卢衍豪.中国古 生物地理区系.北京:科学出版社,1983:100-120.
- 陈金华.湘赣粤地区晚三叠世双壳类研究(一)[J]中国科学院南京地 质古生物研究所丛刊,1982,4:279-306.
- 从柏林,吴根耀,张旗.中国滇西地区古特提斯演化的岩石记录[C]// IGCP 第 321 项中国工作组编.亚洲的增生.北京:地震出版社,

1993:65-68.

- 邓江红,肖渊甫,黄润秋,等.云南思茅雅口地区中三叠统芒怀组底部 火山岩层地质特征及其意义[J].地震地质,2003,25(增刊):71-77.
- 范蔚茗,彭头平,王岳军.滇西古特提斯俯冲-碰撞过程的岩浆作用记录[J].地学前缘,2009,16(6):291-30
- 苟宗海.四川江油马鞍塘地区晚三叠世双壳类动物群[J].古生物学报,1993,32(1):13-30.
- 顾知微,黄宝玉,陈楚震,等.中国的瓣鳃类化石[M].北京:科学出版 社,1976:1-522.
- 郭福祥.云南的双壳化石[M],云南:云南科技出版社,1985:1-320.
- 胡斌.滇西澜沧江成矿带铜成矿学研究[D].中南大学博士学位论 文,2002.
- 李静,孙载波,徐桂香,等.滇西双江县勐库地区榴闪岩的发现与厘定[J].矿物学报,2015,35(4):421-424.
- 李兴振,刘文均,王义昭,等.西南三江地区特提斯构造演化与成矿(总 论)[M].北京:地质出版社,1999:23-167.
- 刘本培,冯庆来,方念乔,等.滇西南昌宁-孟连带和澜沧江带古特提 斯多岛洋构造演化[J].地球科学,1993,18(5):529-539.
- 刘德利,刘继顺,张彩华,等.云南官房铜矿床矿石矿物特征及银的赋 存状态[J].矿床地质,2008,37(6):695-704.
- 刘啸虎,周萍清.上三叠统[C]//四川盆地陆相中生代地层古生物编 写组.四川盆地陆相中生代地层古生物.成都:四川人民出版社: 1984:5-56.
- 罗亮,安显银,吴年文,等.班公湖-双湖-怒江-昌宁-孟连新元古代-中生代沉积盆地演化[J].地球科学——中国地质大学学报,2014, 39(8):1169-1184.
- 罗亮, 王冬兵, 楚道亮, 等. 滇西南忙怀组时代的限定: 基于叶肢介化石 和锆石 U-Pb 年龄[J]. 中国地质, 2018, 45(6): 1312-1313.
- 罗亮,王冬兵,楚道亮,等.南澜沧江带中三叠世叶肢介化石的发现及 形态学研究[J].地球科学,2018,43(8):2833-2847.
- 马其鸿,陈金华,蓝琇,等.云南中生代瓣鳃类化石[C]//中国科学院 南京古生物研究所.云南中生代化石(上册).北京:科学出版社: 1976:161-386.
- 孟繁松,陈辉明,李旭兵.四川盆地非海相三叠系-侏罗系界线研究[J]. 地层学杂志,2005,29(增刊):565-573.
- 聂小妹.滇西南及泰国北部古生代早中期特提斯演化研究[D].中国 地质大学(武汉)博士学位论文,2016,
- 牛亚卓,姜宝玉,张彦伟.华南东部晚三叠世和早侏罗世双壳类材料 及其时代意义[J].古生物学报,2013,52(3):352-376.
- 潘桂棠,徐强,侯增谦,等.西南"三江"多岛弧造山过程成矿系统与资 源评价[M].北京:地质出版社,2003:11-78.
- 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等.中国大地构造单元划分[J].中国地质, 2009,36(1):1-28.
- 潘桂棠,肖庆辉,张克信,等.大陆中洋壳俯冲增生杂岩带特征与识别 的重大科学意义[J].地球科学,2019,44(5):1544-1561.
- 彭头平, 王岳军, 范蔚茗, 等. 澜沧江南段早中生代酸性火成岩 SHRIMP 锆石 U-PB 定年及构造意义[J].中国科学(D辑), 2006, 36(2): 123-132.
- 彭智敏,王国之,王保弟,等.云南邦丙澜沧岩群中发现蓝闪石榴辉 岩[J].成都理工大学学报(自然科学版),2019,46(5):639-640.

- 钱丽君,白清昭,熊存卫,等.中国南方中生代含煤地层[M].北京:煤炭工业出版社,1987:55-57.
- 沈上越,冯庆来,刘本培,等.三江地区南澜沧江带火山岩构造岩浆类型[J].矿物岩石,2002,22(3):66-71.
- 沈上越,冯庆来,魏启荣,等.南澜沧江带北段上二叠统陆缘弧火山岩的厘定[J].矿物岩石,2006,26(2):35-39.
- 宋俊龙,丁俊,王保弟,等.云南景东县文玉铜(银)矿成矿地质背景:来 自赋矿火山岩年代学和地球化学的证据[J].地球科学,2018,43(3): 696-715.
- 宋仁奎,应育浦,叶大年.滇西南澜沧群多硅白云母的多型和化学成 分特征及其意义[J].岩石学报,1997,13(2):152-161.
- 田应贵, 胡鹏, 王承平. 南澜沧江构造岩浆带下侏罗统就康组的建 立[J]. 云南地质, 2006, 25(1): 63-69.
- 王保弟,王立全,王冬兵,等.三江昌宁-孟连带原-古特提斯构造演 化[J].地球科学,2018,43(8):2527-2550.
- 王冬兵,罗亮,唐渊,等.昌宁-孟连结合带牛井山早古生代埃达克岩 锆石 U-Pb 年龄、岩石成因及其地质意义[J].岩石学报,2016,32 (8):2317-2329.
- 王冬兵,罗亮,王保弟,等.滇西澜沧江构造带景谷地区团梁子岩组的 时代与构造属性[J].地球科学,2018,43(8):2551-2570.
- 王恩泽,罗亮,徐争启,等.滇西昌宁-孟连结合带石炭纪火山-沉积地 层时代与构造环境[J].地质通报,2021,40(11):1920-1932.
- 王舫,刘福来,刘平华,等.澜沧江南段临沧花岗岩的锆石 U-Pb 年龄 及构造意义[J].岩石学报,2014,30(10):3034-3050.
- 王舫,刘福来,冀磊,等.澜沧江杂岩带小黑江—上允地区蓝片岩的成 因及变质演化[J].岩石矿物学杂志,2016,35(5):804-820.
- 王舫,刘福来,冀磊,等.澜沧江杂岩带澜沧群浅变质岩系碎屑锆石LA-ICP -MS U-Pb 年代学及其构造意义[J].岩石学报,2017,33(9):2975-2985.
- 王硕,董国臣,莫宣学,等.澜沧江南带三叠纪火山岩岩石学、地球化学特征、Ar-Ar年代学研究及其构造意义[J].岩石学报,2012,28(4): 1148-1162.
- 韦诚,戚学祥,常裕林,等.澜沧江构造带中南段小定西组火山岩形成 时代的厘定及其构造意义[J].地质学报,2016,90(11):3192-3214.
- 文海霞,石和,王道永.云南思茅盆地东南部上三叠统歪古村组双壳 化石的新资料及其地质意义[J].地质通报,2011,30(1):179-183. 吴年冬,吴伟周,荣红,等.广西右江盆地北部晚三叠世海相双壳类化

石的发现及意义[J].地层学杂志,2017,41(3):273-277.

- 徐晓春,黄震,谢巧勤,等.云南景谷宋家坡铜矿床成岩成矿的 Sm-Nd 和⁴⁰Ar-³⁹Ar 同位素年龄[]].地质论评,2004,50(1):99-105.
- 杨岳清,杨建民,徐德才,等.云南澜沧江南段火山岩演化及其铜多金 属矿床的成矿特点[J].矿床地质,2006,25(4):447-462.
- 张保民,沈上越,莫宣学,等.云南景谷岔河、茂密河火山岩及其构造环境[J].矿物岩石,2004,24(2):19-25.
- 张彩华,刘继顺,刘德利.滇西南澜沧江带官房地区三叠纪火山岩地 质地球化学特征及其构造环境[J].岩石矿物学杂志,2006,25(5): 377-386.
- 张彩华,刘继顺,刘德利.滇西南澜沧江带官房铜矿矿床成因和成矿 模式探讨[J].大地构造与成矿学,2006,30(3):369-380.
- 张彩华,刘继顺,张洪培,等.滇西南澜沧带晚三叠世富钾火山岩地球 化学特征及成因[J].中国有色金属学报,2012,22(3):669-679.
- 张旗,周德进,赵大升,等,滇西古特提斯造山带的威尔逊旋回:岩浆活动记录和深部过程讨论[J].岩石学报,1996,12(1):17−28.
- 张彦伟,姜宝玉,牛亚卓.南岭地区上三叠统一下侏罗统双壳类生物 地层及三叠一侏罗系界线[]].高校地质学报,2014,20(4):570-581.
- 张翼飞,段锦荪,张罡,等.滇西蛇绿岩带地质构造演化与澜沧江板块 缝合线研究[M].昆明:云南科技出版,2001,
- 张远志,张定辉,刘世荣,等.云南省岩石地层[M].武汉:中国地质大 学出版社,1996:1-378.
- 张作铭,鲁益钜,文世宣.三叠纪双壳[C]//西北地区古生物图册,青 海省分册.北京:地质出版社,1979:229-278.
- 赵靖,钟大赉,王毅.滇西澜沧变质带变质作用和变形作用的关系[J]. 岩石学报,1994,10(1):27-40.
- 赵靖,钟大赉,王毅.滇西澜沧变质带的变形序列与变质作用初步研 究[J].地质科学,1994,29(4):366-372.
- 钟大赉.滇川西部古特提斯造山带[M].北京:科学出版社,1998: 56-217.
- 朱勤文,何昌祥.滇西南云县三叠纪火山岩组合及系列的厘定及其构造意义[J].现代地质,1993,7(2):151-160.
- 朱勤文.滇西南澜沧江带三叠纪火山岩大地构造环境[J].岩石矿物学 杂志,1993,12(2):134-143.
- 朱维光,钟宏,王立全,等.云南民乐铜矿床中玄武岩和流纹斑岩的成因:年代学和地球化学制约[J].岩石学报,2011,27(9):2694-2708.