Vol. 39 No. 4 Dec. 2019

文章编号:1009-3850(2019)04-0057-09

## 滇中易门地区早前寒武纪地层化石的发现及其意义

刘军平1、李 静1、王 伟1、孙柏东1、曾文涛2、宋冬虎1、

关学卿1, 吕勃烨1, 郝学锋1, 孙 鹏1

(1. 云南省地质调查院, 云南 昆明 650216; 2. 云南省环境监测院, 云南 昆明 650216)

摘要:通过1:50 000 区域地质调查,在滇中易门地区新厘定出一套古元古界地层易门群,可细分为6个组级单元。 在易门群亮山组灰黑色碳泥质板岩中首次发现保存较好的宏体多细胞生物化石,在易门群永靖哨组深灰色泥质灰 岩中发现数枚毫米级结构清晰的多细胞生物化石;在中元古界昆阳群美党组灰紫色泥质板岩中发现长约20cm的宏 体多细胞化石。通过镜下分析、电子探针及电镜扫描的研究,化石成分主要为C、O、P元素。本次发现填补了云南境 内早前寒纪地层无生物化石记录的空白,对地球早期环境演化与生命进化的研究具有重要意义。

关键 词:滇中易门地区;易门群;昆阳群;宏体多细胞化石;早期生命演化

中图分类号:P534.3 文献标识码:A

## 引言

昆阳群出露于云南元江、易门、武定及东川等 地区,主要为一套浅变质的陆源碎屑岩、碳酸盐岩 及少量火山岩,时代为中元古代,区域上共划分为8 个组级岩石地层单位。黄草岭组、黑山头组、富良 棚组、大龙口组、美党组统称为下亚群,因民组、落 雪组、鹅头厂组、绿汁江组统称为上亚群。各组级 岩石地层单位的野外接触关系清晰,层序并不存在 争议,但上亚群、下亚群之间均为断层,上、下关系 一直存在争议,并持续半个多世纪,简称"正八组" 与"倒八组"之争;也有学者主张属横向变化 关系<sup>[1-5]</sup>。

2010年,"全国地层委员会"在云南召开现场 会,通过野外考察,决定将下亚群称昆阳群,上亚群 称东川群,仍划归中元古界<sup>[6-7]</sup>。

2015年以来,云南省地质调查院在承担《云南 省区域地质志》(第二版,修编)、云南省1:5万二街 幅等4幅区域地质调查工作中,对红河以北、绿汁江 以东、金沙江以南、小江断裂带以东的广大滇中地 区出露的昆阳群进行了详细的野外地质调查,并在 野外地质调查成果的基础上采集了大量的分析测 试样品,以详实的资料证实了滇中地区真正的中元 古界昆阳群(黄草岭组、黑山头组、大龙口组、美党 组)、东川群(因民组、落雪组、黑山组、青龙山组)的 出露面积都很小。除东川因民 - 落雪地区外,前人 在其它地区划分的大片东川群均不正确,其实际上 为本次工作新建的中太古界元江群(可划分曼林 组、迤纳厂组、岔河组、狮子山组、鹅头厂组、绿汁江 组)。同样,除易门-玉溪-石屏一带外,前人在其 它地区划分的大片昆阳群也不正确,实际上应属本 次研究新建的新太古界普渡河群(包括茂麓组、龙

收稿日期: 2019-05-20; 改回日期: 2019-07-30

**作者简介:**刘军平(1983 -),男,研究生,高级工程师,从事区域地质与构造地质调查研究。E-mail:271090834@qq.com **资助项目:**云南1:5万二街、易门、鸣矣河、上浦贝幅区域地质调查(编号:DD20160017)和云南区域地质调查片区总结与 服务产品开发(编号:DD20160345-02)联合资助

58

头山组、麻地组)和古元古界易门群(包括阿不都 组、罗洼垤组、亮山组、永靖哨组、西山村组、杉木等 组)<sup>[8-12]</sup>,进而解决了长期争议的"正八组"、"倒八 组"地质问题。

刘军平及李静等(2018)对古元古界易门群亮 山组中灰黑色碳泥质板岩产出宏体多细胞生物化 石的形态、成分及形成时代进行过报道<sup>[13-17]</sup>,但古 元古界易门群永靖哨组深灰色泥质灰岩中数 mm 级 的多细胞生物化石和中元古界昆阳群美党组灰色 泥质板岩中宏体多细胞化石属新发现。本次重点 对新发现的化石形态、成分、形成时代及其研究意 义进行初步分析及探讨。前寒武纪地层化石的发 现不仅改变了以前关于地球生命早期演化的既有 认识,也为重新从不同角度探索距今23亿年至8亿 年的地史演化提供了新思考。

近期,刘军平等(2018)在易门县铜厂乡易门群 杉木箐组凝灰岩获得锆石 U-Pb 年龄为 1842 ± 26Ma 及 1860 ± 25Ma<sup>[9]</sup>;刘桂春等(2018)在滇中元江地 区发现一套钙质浊积岩 - 碎屑浊积岩夹火山岩组 合,认为其沉积年龄早于古元古代晚期<sup>[12]</sup>;李静等 (2018)在易门地区古元古界易门群亮山组凝灰岩 获得锆石 U-Pb 年龄为 2175 ± 31Ma 和 2049 ± 32Ma<sup>[13]</sup>;笔者获得的铜厂乡至绿汁镇公路易门群 罗洼垤组凝灰岩锆石 U-Pb 年龄为 2286 ± 41Ma 和 2269 ± 36Ma(刘军平,待刊)。笔者还获得云南易门 狮子山铜矿辉绿岩的锆石 U-Pb 年龄为 1865 ± 26Ma,认为原"东川群"地层应划入中太古界元江群 (刘军平,待刊)。大量同位素年龄表明,滇中地区 存在太古代—古元古代地层。

## 1 地质背景及样品采集

滇中易门地区位于扬子陆块区( $\mathbf{M}$ )之上扬子 古陆块( $\mathbf{M}$ -2)的楚雄陆内盆地( $\mathbf{M}$ -2-12)和康滇基 底断隆带( $\mathbf{M}$ -2-11)2个三级构造单元的接壤地段, 地层区划隶属华南地层大区扬子地层区( $\mathbf{M}$ 4)康滇 地层分区( $\mathbf{M}_4^2$ )之楚雄地层小区( $\mathbf{M}_4^{2-1}$ )和昆明地 层小区( $\mathbf{M}_4^{2-2}$ )的结合部。区域出露地层以太古界、 古元古界为主<sup>[10-11]</sup>,少量中元古界(图1)。中太古 界元江群鹅头厂组( $\mathbf{Ar}_2e$ )为一套深灰色 – 灰黑色板 岩夹火山岩;中太古界元江群绿汁江组( $\mathbf{Ar}_2l$ )为一 套中厚层块状白云岩夹板岩、火山岩,发育大量的 叠层石。古元古界易门群阿不都组( $\mathbf{Pt}_1a$ )为一套分 选很差的杂砾岩为主,向上夹紫红色、灰色的泥质 板岩和硅质白云岩;古元古界易门群罗洼垤组(Pt<sub>1</sub> *l*)以中酸性凝灰岩、沉凝灰岩为主,夹少量英安岩; 古元古界易门群亮山组(Pt<sub>1</sub>*k*)岩性以灰黑色、深灰 色的含化石碳泥质板岩、粉砂质泥质板岩为主,夹 少量薄 - 中层的细砂岩、粉砂质泥质板岩为主,夹 少量薄 - 中层的细砂岩、粉砂岩;古元古界易门群 永靖哨组(Pt<sub>1</sub>*y*)为一套半深水环境的碳酸盐建隆建 造,富含生物化石,发育滑塌构造;古元古界易门群 西山村组(Pt<sub>1</sub>*x*)岩性以深灰色 - 黑色板岩、碳泥质 板岩为主,岩石普遍富硒和有机炭;中元古界昆阳 群大龙口组(Pt<sub>2</sub>*d*)为一套台地相碳酸盐建隆建造, 发育大量叠层石;中元古界昆阳群美党组(Pt<sub>2</sub>*m*)岩 性以灰色板岩、含化石泥质板岩、粉砂岩、砂岩为 主,少量灰岩<sup>[10-16]</sup>。

本次采获的化石主要分布在古元古界易门群 亮山组一段、永靖哨组二段及中元古界昆阳群美党 组一段。亮山组一段化石岩性为灰黑色碳泥质板 岩;永靖哨组二段化石岩性为深灰色薄中层状泥质 灰岩;美党组一段化石岩性为灰紫色泥质板岩(图 1A)。

## 2 研究方法

电子探针、扫描电镜及能谱分析主要在国土资 源部昆明矿产资源监督检测中心实验室和湖北省 地质实验室测试中心重点实验室完成。电子探针 用来分析薄片中矿物微区的化学组成,测试仪器为 Electron Microprobe,将高度聚焦的电子束聚焦在矿 物上,激发组成矿物元素的特征 X 射线,用分光器 或检波器测定荧光 X 射线的波长,并将其强度与标 准样品对比,或根据不同强度校正直接计数出组分 含量。扫描电镜是利用细聚焦电子束在样品表面 扫描时激发出来的各种物理信号来调制成像的,仪 器为蔡司 EVO18,尽可能地使样品的表面结构保存 好.没有变形和污染,样品干燥并且有良好导电性 能。能谱分析是用来对样品微区成分元素种类与 含量分析,配合扫描电子显微镜与透射电子显微镜 的使用,能谱仪为布鲁克 XFlash6100,工作距离 13mm,加速电压 20kV,电流 500pA。

Micro-CT(micro computed tomography,微计算机 断层扫描技术)由中国科学院研究生院完成,是一 种非破坏性的 3D 成像技术,可以在不破坏样本的 情况下清楚了解样本的内部显微结构,X-射线源发







射 X 射线,穿透样本,最终在 X 射线检测器上成像。

## 3 古元古界易门群亮山组化石

### 3.1 化石形态特征

古元古界易门群亮山组化石肉眼可见,形态多 样,有的不分叉,有的分叉,化石形态主要包括长条 形、锥状、舌状、粗短柱状、楔形,个别呈尖锥状等形 态类型,多数长度在 0.8~1.1cm 之间,宽度在 0.3 ~0.6cm 之间。这些炭质生物宏观化石形态规则, 生物结构明显,部分有叶柄、叶片,说明这些生物可 能是能进行光合作用的真核生物(图 2b、c)。对化 石进行 X 射线 CT 扫描分析其内部结构(图 2d、e), 化石生物结构明显,呈分枝状,化石原生结构具有 明显横纹。本次发现的化石还与圆状类藻类化石 伴生(图 2h),目前研究认为可能与现代红藻相似, 暂定名为易门藻。

#### 3.2 化石成分

由国土资源部昆明矿产资源监督检测中心对 化石进行电子探针、能谱分析及电镜扫描实验分 析。对样品不同位置进行电子探针分析(图 2f),化 石成分与围岩成分有明显差异,化石成分以 C、P、Ca 元素为主、少量 O 元素(表 1)。C、O、P、Ca 元素为 生物的主要组成元素。通过对化石进行能谱分析 (图 2g、i),化石结构清楚,与围岩元素含量差异明 显。化石 C、O、P、Ca 元素含量明显高于围岩,与生 物元素组成成分一致。

## 4 古元古界易门群永靖哨组化石

#### 4.1 化石形态特征

古元古界易门群永靖哨组是《云南省区域地质 志》(第二版,修编)、云南省1:5万二街幅等4幅区 域地质调查共同新建立的地层。把样品打碎后用 冰醋酸进行浸泡,在双目立体镜下进行挑样,挑出 具生物结构的物质(图3b)进行分析测试。化石外 形呈短柱状、圆锥状、长条状等形态,部分化石外围 具纹饰。化石多数长0.2~0.5cm,宽度0.1~ 0.2cm(图3c)。由国土资源部昆明矿产资源监督检 测中心和湖北省地质实验室测试中心重点实验室 对化石进行电镜扫描,化石内部具明显生物细胞结 构(图3d)。

#### 4.2 化石成分

由国土资源部昆明矿产资源监督检测中心和 湖北省地质实验室测试中心重点实验室对化石进 行电子探针及能谱分析。对样品生物结构明显位 置及不明显位置进行分析对比,化石成分及围岩成 分有明显差异,化石成分以 C、O 元素为主、少量 P 元素(图 3d)。C、O、P 元素为生物的主要组成元 素,从成分看是生物(表 2)。通过对化石进行能谱 分析(图 3d、e),化石细胞结构清楚,与围岩元素含 量差异明显,无疑应为生物。

元素(%) 点号	С	0	Mg	Al	Si	K	Ti	Fe	矿物
633	84.71	15.20	-	-	-	-	-	0.09	炭质
634	-	52. 58	0.69	7.02	28.29	4.37	-	7.06	云母
635	-	36.63	-	0.19	1.41	-	49.79	11.98	锐钛矿

表 1 亮山组化石能谱分析结果 Table 1 Energy spectrum analyses for the fossil samples collected from the Liangshan Formation

表 2 永靖哨组化石能谱分析结果

Table 2	Energy spectrum	analyses for t	the fossil samples	collected from the	Yongjingshao Formation
---------	-----------------	----------------	--------------------	--------------------	------------------------

元素(%) 点号	С	0	Na	Mg	Al	Si	Р	S	K	Са	Fe	矿物
2933	59.28	31.97	2.48	0. 29	0.02	0.17	0.26	0.18	0.14	4.82	0.40	炭质
2934	22.78	49. 59	0.82	1.64	9.88	11.41	-	-	3. 51	-	0.38	云母



图 2 亮山组化石特征

a. 化石野外露头;b-c. 化石宏观形态特征;d-e. 化石 CT 扫描图像;f 电子探针面设位置;g. 化石背散射电子图;h. 伴生的圆形藻类化石;i. 化石能 谱图





Fig. 3 Macroscopic and microscopic features of the fossil samples collected from the Yongjingshao Formation



图 4 美党组化石特征

a. 化石野外露头; b. 化石宏观形态特征; c. 化石背散射电子图; d. 非化石部位背散射电子图; e. 化石能谱图 Fig. 4 Macroscopic and microscopic features of the fossil samples collected from the Meidang Formation

表 3 美党组非化石部位能谱分析结果 Table 3 Energy spectrum analyses for the non-fossil parts of the fossil samples collected from the Meidang Formation

元素(%) 点号	0	Mg	Al	Si	K	Ti	Fe	矿物
3788	53.39	-	0.53	45.86	-	0. 22	-	石英
3789	30.01	0.01	19. 20	22.71	15.79	0.42	11.85	黑云母
3790	52.65	1.62	16.71	18.76	6.17	0. 29	3.81	黑云母

## 5 中元古界昆阳群美党组化石

#### 5.1 化石形态特征

本次采集的样品位于易门县樟木箐一带,层位为中元古界昆阳群美党组(Pt<sub>2</sub>m)。化石赋存岩性为灰紫色泥质板岩,化石肉眼可见,长约20cm,宽3~6cm,形态呈放射状、火炬状(图3a),下细上粗,与现代树枝相似。化石结构与围岩截然不同,具明显的生物结构特征。

#### 5.2 化石成分

由国土资源部昆明矿产资源监督检测中心和 湖北省地质实验室测试中心重点实验室对化石进 行电子探针及能谱分析。化石与围岩成分有明显 差异,电子探针(点3798)显示化石成分主要为C、O 元素(图3c),其中C含量59.3%,O含量40.7%; 非化石部位(相当围岩部位)与化石成分有明显差 别(表3)。通过对化石进行能谱及电镜扫描分析 (图3b、c),化石细胞结构清楚,与围岩元素含量差 异明显,无疑为生物,可能与宏藻类似。

## 6 结论

古元古界易门群亮山组宏体多细胞化石与在 加蓬弗朗斯维尔发现的年龄为21亿年的化石形态 及成分相似<sup>[18]</sup>,时代也吻合,与现代红藻类化石较 为相似。目前还未发现可与古元古界易门群永靖 哨组宏体化石及中元古界昆阳群美党组化石进行 比较的化石资料,本次将其暂定为易门藻。

滇中易门地区早前寒武纪地层宏体多细胞化 石是全球范围内早前寒武纪生命大爆发之前为数 不多的多细胞生物,也是目前已发现的最古老的多 细胞生物。本次发现为从不同角度探索距今28亿 年至8亿年的地球早期生命发展、演化提供了新思 考。这些化石的发现是地球早期生命演化研究领 域中一项重要的科学发现,对地球早期环境演化与 生命进化的研究具有重要价值。

致谢:野外得到了著名的地质学家李廷栋院 士、陆松年研究员、肖庆辉研究员、潘桂棠研究员、 孙志明研究员的帮助,在此一并表示衷心感谢。

#### 参考文献:

- [1] 牟传龙,林仕良,余谦.四川会理-会东及邻区中元古界昆阳群 沉积特征及演化[J].沉积与特提斯地质,2000,20(1):44
   -56.
- [2] 周邦国,王生伟,孙晓明,等.云南东川望厂组熔结凝灰岩锆石
  SHRIMP U-Pb 年龄及其意义[J].地质论评,2012,58(2):359-368.
- [3] 朱华平,范文玉,周邦国,等.论东川地区前震旦系地层层序: 来自锆石 SHRIMP 及 LA-ICP-MS 测年的证据[J]. 高校地质学 报,2011,17(3):452-461.
- [4] 陆松年,郝国杰,相振群. 前寒武纪重大地质事件[J]. 地学前 缘,2016,23(6):140-155.
- [5] 杜远生,韩欣. 滇中地区元古代沉积盆地演化及动力学初探 [J]. 现代地质,1999,13(2):232-234.
- [6] 尹福光,孙志明,白建科. 东川、滇中地区中元古代地层格架 [J].地层学杂志,2011,35(1):49-54.
- [7] 孙志明,尹福光,关俊雷,等.云南东川地区昆阳群黑山组凝灰 岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地层学意义[J].地质通报, 2009,28(7):898-900.
- [8] 李静,刘桂春,刘军平,等. 滇中地区早前寒武纪地质研究进展[J]. 地质通报,2018,37(11):1957-1969.
- [9] 刘军平,曾文涛,徐云飞,等. 滇中易门地区约1.85Ga 凝灰岩的厘定及其地质意义[J]. 地质通报,2018,37(11):2055-2062.
- [10] 刘军平,曾文涛,徐云飞,等. 滇中峨山地区中元古界昆阳群 黑山头组火山岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通 报,2018,37(11):2063-2070.
- [11] 刘军平,曾文涛,孙柏东,等. 云南峨山地区东川群黑山组流 纹质碎斑熔岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 沉积与特提 斯地质,2018,38(3):19-25.
- [12] 刘桂春,李静,胡绍斌,等. 滇中元江早元古代浊积岩特征及 地质意义[J]. 地质通报,2018,58(11):2007-2014.
- [13] 李静,刘军平,孙柏东,等. 滇中易门地区古元古界易门群亮 山组多细胞生物的年代学约束[J]. 地质通报,2018,37(11): 2087-2098.
- [14] 刘军平,李静,孙柏东,等. 滇中易门地区发现化石新物种[J]. 沉积与特提斯地质,2018,38(1): 37-40.
- [15] 赵元龙, 钱逸, 李信善. 贵州台江早、中寒武世凯里组中的 Wiwaxia [J]. 古生物学报, 1994, 33(3): 359-366.
- [16] Hall B K. Fossils of the Burgess Shale [A]. Evolutionary Developmental Biology[C]. Netherlands: Springer, 1999.
- [17] Chen Jun-yuan(陈均远). The Dawn of Animal World[M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 2004. 1 - 366 (in Chinese).
- [18] EL Albani Abderrazak, Bengtson Stefan, Conyield Donald E, et al. Large colonial organism with coordinated growth in oxygenated environments 2.1 Gyr ago[J]. Nature, 2010, 466:100-104.

(下转第70页)

# Distrbution of gypsum and sulfur isotopes in the Palaeogene strata, western Qaidam Basin, Qinghai

ZHENG Ximin<sup>1</sup>, YANG Liu<sup>1,2</sup>, YI Dinghong<sup>1</sup>, WANG Pu<sup>1</sup>

(1. Northwestern Branch, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Lanzhou 730020, Gansu, China; 2. China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: The gypsoliths occur as part of the cap rocks of the oil and gas traps in the Qaidam Basin, Qinghai. In the light of the statistics of gypsum contents and  ${}^{34}S_{V-CDT}$  values, the gypsum in the Palaeogene strata mainly occurs in the Shizigou depression and Xiaoliangshan depression near the Altun Mountains. Vertically, the gypsum contents display the cyclic distribution. The  ${}^{34}S_{V-CDT}$  values show a rarely wide range of -23.3% to 71.4%. The initial  ${}^{34}S$  values are very low in the Altun Mountains. The increase of the reducing conditions and the fractionation of bacteria towards the Qaidam Basin leads to the great differences in the  ${}^{34}S_{V-CDT}$  values. The main controlling factors include the initial  ${}^{34}S_{V-CDT}$  values, and intensity of bacteria fractionation. It follows that the sulfates are derived from the Altun Mountains, and then enter into the Qaidam Basin through the Shizigou depression. The results of research in this study may be helpful to the study of the gypsum distribution, sedimentary environments of the Palaeogene salt lakes, and sulfate origins in the study area.

Key words: Qaidam Basin; gypsum; sulfur isotope; Palaeogene

#### 上接第(64页)

# The discovery and significance of the fossils from the Early Precambrian strata in the Yimen region, central Yunnan

LIU Junping<sup>1</sup>, LI Jing<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, SUN Baidong<sup>1</sup>, ZENG Wentao<sup>2</sup>, SONG Donghu<sup>1</sup>, GUAN Xueqing<sup>1</sup>, LU Boye<sup>1</sup>, HAO Xuefeng<sup>1</sup>, SUN Peng<sup>1</sup>

(1. Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming 650216, Yunnan, China; 2. Research Institute of Environmental Monitoring, Kunming 650216, Yunnan, China)

Abstract: The Palaeoproterozoic Yimen Group including six formations was established during the 1:50 000 regional geological survey in the last years in the Yimen region, central Yunnan. The abundant well-preserved macroscopic multicellular fossils were successively found in the greyish dark carbonaceous-muddy slates in the Liangshan Formation and the dark grey muddy limestones in the Yongjingshao Formation in the Yimen Group. The macroscopic multicellular fossils 20 cm in length were also found in the grayish purple muddy slates in the Meidang Formation in the Mesoproterozoic Kunyang Group. The microprobe and scanning electron microscopy analysis indicates that the compositions of the fossils collected from the above-mentioned Formations consist dominantly of the elements carbon, oxygen and phosphorus. The discovery will fill the fossil-free gaps in the Early Precambrian strata in Yunnan, and also will be important to the study of the early history of the Earth and lift evolution.

Key words: Yimen region in central Yunnan; Yimen Group; Kunyang Group; macroscopic multicellular fossil; early lift evolution