

滇中地区因民角砾岩类型、特征及找矿意义



Pre-pub. on line: www.
geojournals.cn/georev

刘军平^{1,2,3)}, 宛胜⁴⁾, 戴启⁵⁾, 田素梅¹⁾, 赵江泰¹⁾, 吴嘉林¹⁾

1) 云南省地质调查院, 昆明, 650216;

2) 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京, 100083;

3) 自然资源部三江成矿作用及资源勘查利用重点实验室, 昆明, 650051;

4) 江西省地质调查院, 南昌, 330000; 5) 云南省地质工程勘察总公司, 昆明, 650216

内容提要:滇中地区“因民角砾岩”的成因及归属问题目前暂无定论。笔者通过对东川—易门地区前人所划的因民组“因民角砾岩”进行1:5万野外地质调查工作, 对其进行了初步的分类。根据其成因及时代划分为复成分砾岩、冰碛砾岩、滑塌角砾岩、隐爆角砾岩和构造角砾岩。对“因民角砾岩”成因及时代的研究, 特别是“冰碛砾岩、复成分砾岩”的提出, 对于解决滇中早前寒武纪地层层序、时代归属、构造格架、大地构造位置及大区域地层对比, 探讨滇中元古宙地史演化、古环境研究以及指导找矿都具有重要的指示意义。

关键词:因民角砾岩; 冰碛砾岩; 复成分砾岩; 因民组; 滇中地区

滇中地区“因民角砾岩”最早由李希勤提出, 特指东川地区因民组底部的一套角砾岩, 其常与因民组地层共生, 包括断层角砾岩和由火成岩粘起来的角砾岩(李希勤等, 1953)。后来“因民角砾岩”被大量学者引用到整个滇中地区, 泛指“昆阳群”内发育的角砾岩, 在层位上并不仅限于因民组的底部(吴懋德等, 1990)。“因民角砾岩”是目前滇中地区昆阳裂谷成因争论最大的基础地质问题, 也是迫切需解决的问题, 其认识程度极大地限制了早前寒武纪地层层序划分、区域构造格架和演化以及铜、铁矿床成因和找矿等问题; 以往对其成因认识主要有沉积角砾岩、底砾岩、同生角砾岩、底辟角砾岩、构造角砾岩、爆发角砾岩及侵入角砾岩等(李希勤等, 1953; 吴懋德等, 1990; 薛步高, 2000; 姚飞, 2010)。大量学者认为因民角砾岩仅发育在因民组中, 而熊兴武等(1995)对滇中地区“因民角砾岩”进行了详细野外研究, 认为任何一种“单一成因”论都不能概括因民角砾岩的全部, 仅用“因民角砾岩”一词已不能概括各种不同成因、不同层位的角砾岩或砾岩地质体(熊兴武等, 1995)。大量资料表明, “因民角砾岩”中隐爆角砾岩含有大量岩浆, 而岩浆里是否富含水、矿物质或挥发分等, 具有较大的找矿潜力(胡承绮

等, 1997; 汪劲草等, 1999; 史明魁等, 2000; 吕世琨, 戴恒贵, 2001; 姚飞, 2010); 由此, 正确理清“因民角砾岩”成因类型、时代归属及赋存层位, 对元古宙盆地演化、早前寒武纪地层格架及找矿都有重要指示意义。

近期笔者等在东川—易门地区开展云南1:5万区调项目对“因民角砾岩”进行了详细的野外地质调查及同位素研究^{①②}, 笔者等研究表明“因民角砾岩”不仅产于传统认为的中元古界因民组中, 其它不同时代的地层也存在; 对“因民角砾岩”按成因、时代、成分及野外产状进行了重新归属, 由此还认为中元古界东川群因民组之下存在约2000m厚地层, 结合最新同位素数据, 新厘定出一套古元古界易门群, 进一步细分为6个组级单元, 自下而上包括阿不都组(Pt_1a)、罗洼垭组(Pt_1l)、亮山组(Pt_1ls)、永靖哨组(Pt_1y)、西山村组(Pt_1x)和杉木箐组(Pt_1s)(李静等, 2018a; 刘军平等, 2018b, 2019, 2020a, b; 2021a; Cui XiaoZhuang et al., 2019, 2020); 在东川因民、易门铜厂一带可见中元古界东川群角度不整合盖于古元古界易门群之上。

本文报道了滇中东川—易门地区“因民角砾岩”最新研究成果, 有助于理解: ①元古宙盆地时空

注: 本文为云南省国土资源厅基金项目“云南省1:5万撒马基幅、因民幅、贵城幅、舒姑幅区域地质调查(编号:D201905)”、中国地质调查局项目“云南省系列地质图件数据处理与洋板块地质研究”(编号:DD20190370)的成果。

收稿日期: 2021-06-22; 改回日期: 2021-09-16; 网络首发: 2021-09-20; 责任编辑: 章雨旭。Doi: 10.16509/j.georeview.2021.09.075

作者简介: 刘军平, 男, 1983年生, 在读博士, 高级工程师, 主要从事早期生命演化及前寒武纪地层研究; Email: 271090834@qq.com。

演化及早期古环境变化;②厘清及重塑扬子克拉通西南缘早前寒武纪地层时代、层序、构造格架;③滇中地区铜、铁矿床成因及指导找矿。

1 区域背景

扬子陆块是中国东部大陆重要的组成部分之一,主要由太古宙—古元古代结晶基底岩系、中元古代褶皱基底岩系、古生代—新生代盖层以及古元古代、中元古代花岗岩类及基性岩类等组成(图 1a)。研究区位于滇中东川—易门地区,地处扬子陆块区之上扬子古陆块的康滇基底断隆带,地层区划隶属华南地层大区扬子地层区康滇地层分区之昆明地层小区。研究区出露地层以太古宇、元古宇为主(图 1b),少量新元古代、早古生代地层。

本次以古元古界阿不都组、罗洼垭组、亮山组、杉木箐组火山岩、火山碎屑岩为研究对象,利用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年方法,配合 Lu-Hf 同位素分析技术,对地层进行年代学约束。U-Pb 同位素测定在湖北省地质实验室、武汉上谱分析科技有限责任公司测定中心使用 LA-ICP-MS 完成。锆石 Lu-Hf 同位素分析在武汉上谱分析科技有限责任公司完成。阿不都组岩性以一套分选性很差的杂砾岩为主,向上夹紫红色、灰色泥质板岩、硅质白云岩、英安岩等;李静等(2018a)在撮科一带对英安岩(编号:YJck-07-5)进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年方法,获得 $2407\pm 17\text{Ma}$;认为阿不都组沉积时代为古元古代早期(李静等,2018a)。罗洼垭组岩性以一套中酸性凝灰岩、沉凝灰岩为主,夹少量英安岩。与阿不都组

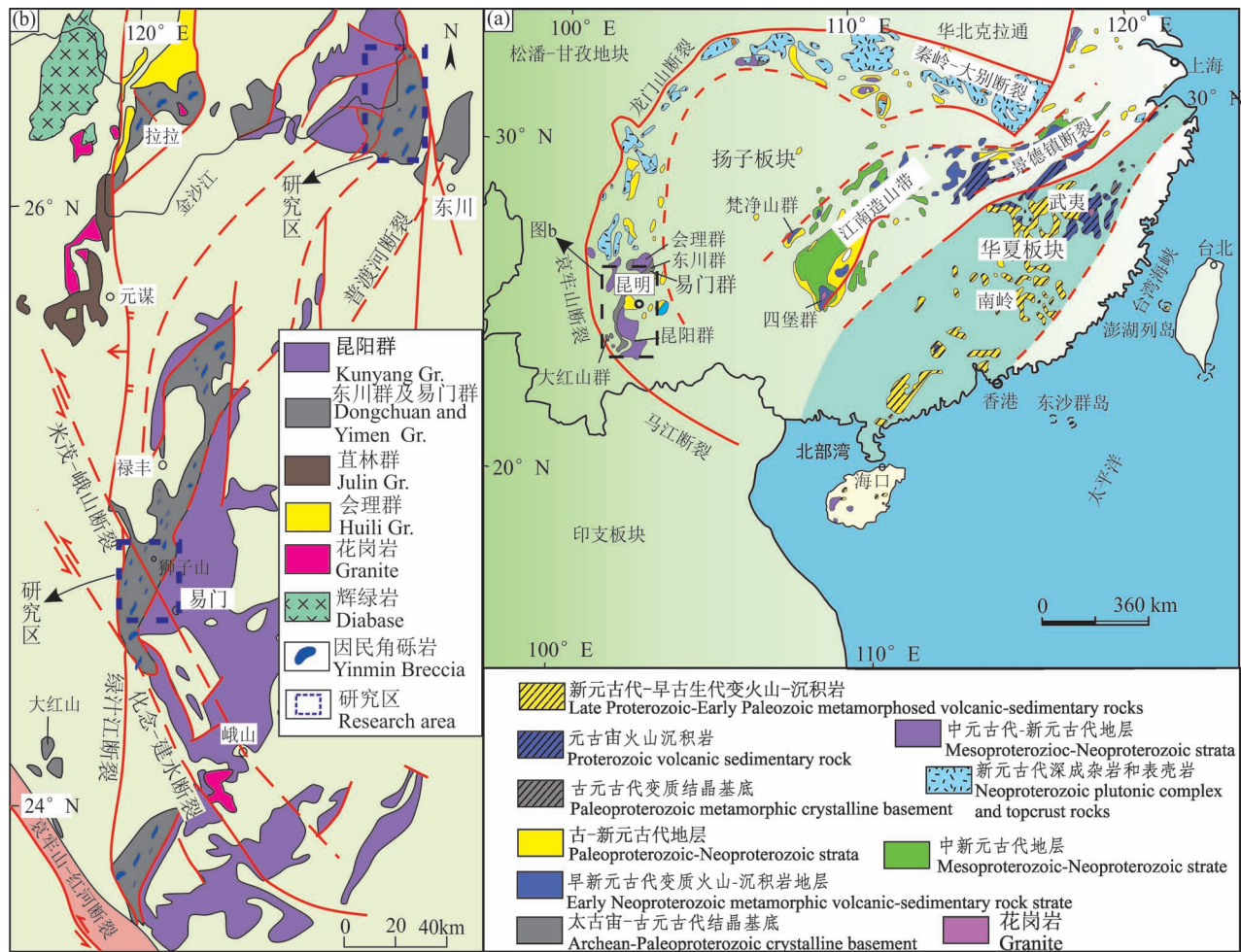


图 1 华南板块前寒武纪岩体空间分布图(a,据 Cawood,2018 修改)及滇中地区地质简图(b,据 Zhao Xinfu et al. ,2010; Yin Fuguang et al. ,2012 修改)

Fig. 1 Simplified geological map showing the distribution of Precambrian rocks in the South China Block (a, modified after Cawood, 2018) and simplified geological map of central Yunnan (b, modified after Zhao Xinfu et al. , 2010; Yin Fuguang et al. , 2012)

整合接触;云南 1:50000 二街等四幅区调在易门铜厂一带凝灰岩(顶部)(PM022-26-2)、英安质凝灰岩(下部)(D002)进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年方法,分别获得 $2186 \pm 20\text{Ma}$ 及 $2252 \pm 14\text{Ma}$ (刘军平等, 2021b,c)。亮山组岩性以灰色、深灰色的泥质板岩、含化石粉砂质泥质板岩为主,夹少量薄-中层状的细砂岩、粉砂岩、凝灰质粉砂岩、钙质粉砂质凝灰岩;在铜厂一带钙质粉砂质凝灰岩(D2501-1-2)利用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年方法,获得 $2175 \pm 31\text{Ma}$,可代表亮山组沉积时代(李静等, 2018b)。区域上与罗洼垭组整合接触。永靖哨组岩性以薄-中层状结晶灰岩、条纹状泥质泥晶灰岩为主,局部发育中厚层状灰岩、滑塌灰质角砾岩等;其 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} = 0.05\% \sim 4.95\%$,是全球 Lomagundi 事件的响应;永靖哨组中也发现了一些高度炭化的古生物化石,在扫描电镜背散射图片上,生物细胞结构清晰可辨(刘军平等, 2018c, 2019),区域上与亮山组整合接触。西山村组岩性以深灰色—黑色板岩、炭泥质板岩为主,夹少量薄-中层状的砂岩、粉砂岩,部分地段形成毫米—厘米级的韵律构造。岩石普遍富硒;西山村组后期分异热液石英脉(PM018-23-1)获得 $2041 \pm 16\text{Ma}$ 的锆石 U-Pb 年龄(刘军平等, 2020c,d),区域上与永靖哨组整合接触。杉木箐组岩性为灰白色中酸性凝灰岩、石英晶屑凝灰岩、凝灰质板岩、沉凝灰岩夹硅泥质板岩、泥质板岩及薄层状的细—粉砂岩。对铜厂大箐一带石英晶屑凝灰岩(D001)进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年方法,获得 $1860 \pm 25\text{Ma}$ (刘军平等, 2018a),区域上与西山村组整合接触。由此表明滇中地区易门群为形成于 $1.85 \sim 2.35\text{Ga}$ 的连续沉积充填序列。

通过 1:5 万区调野外地质调查,本次研究的“因民角砾岩”不仅产于传统认为的中元古界因民组(Pt_2y)中,还产于新厘定的古元古界易门群阿不都组($\text{Pt}_1\alpha$)中,古元古界易门群阿不都组($\text{Pt}_1\alpha$)为一套分选性很差的杂砾岩为主,向上夹紫红色、灰色泥质板岩、石英砂岩、硅质白云岩等,大部分砾石分选性、磨圆度较差,部分砾石具有“羊背石”、“熨斗石”、“马鞍石”及“扭裂”等特点,为典型的冰碛杂砾岩;少部分砾石具有流水搬运、磨圆的特点,表现出复成份砾岩特征,沉积时代为 $2.50 \sim 2.30\text{Ga}$ (李静等, 2018; 刘军平等, 2018a, 2019, 2020b,c,d)。中元古界因民组(Pt_2y)岩性以紫红色、灰紫色(风化带银灰色)板岩为主,夹泥质白云岩和白云质粉砂岩,具色调及粒级韵律层,中部夹铁质板岩和赤铁矿层,底部

部见复成份砾岩。

2 因民角砾岩类型、特征分析

2.1 冰碛砾岩

滇中地区冰碛砾岩是本次区域地质调查最新认识,主要分布在东川、易门一带,产于古元古界阿不都组中部或下部,砾石成分较复杂,分选极差,砾径: $3 \sim 300\text{cm}$ 不等,磨圆度较差,部分砾石具有“羊背石”、“熨斗石”、“马鞍石”及“扭裂”等特点(图 2a,b;图 3e—g)^{①②},部分砾岩可见擦痕等现象,冰碛砾岩之上见白云岩、紫红色、灰色泥质板岩,表现出盖帽碳酸盐岩及冰水页岩等特点,为典型的冰碛杂砾岩特征。

2.2 复成份砾岩

复成份砾岩按时代归类有二个层位,其一为传统认为的产于中元古界因民组底部(图 3c),主要分布在因民镇及落雪一带,砾石成分较复杂,砾岩成分有钙质板岩、粉砂质板岩、石英岩、白云岩等,砾径 $2 \sim 10\text{cm}$ 不等,分选较差,磨圆较好,呈次棱角状一次圆状,杂基支撑结构(图 3d)。根据其基本层序和岩相分析,应是陆上或近岸水下冲积扇沉积的产物,代表海侵之初低水位期沉积,是因民组与其下伏地层之间存在陆上剥蚀或不整合的标志(熊兴武等, 1995)。

其二为本次新发现的产于古元古界阿不都组底部或下部(图 2c),砾石成分较复杂,以变质石英砂岩、白云岩、粉砂质板岩为主,少量石英质砾石;分选一般,砾石呈次棱角状一次圆状,砾径: $1 \sim 6\text{cm}$ 不等,杂基支撑结构;本次厘定的复成份砾岩是古元古界阿不都组与其下伏地层之间存在角度不整合的标志。

2.3 滑塌角砾岩

主要分布在东川模子山、易门绿汁一带,产于与古元古界阿不都组中下部(图 2d,e,f),主要由受重力或外力(地震)等影响,岩石发生滑塌作用形成,岩石成分单一,主要由条带状粉砂质板岩组成,大小不一,大者可达数米,小者仅数厘米,磨圆度较差,多为棱角状;部分角砾岩层间还保存着正常层序特征。

2.4 隐爆角砾岩

主要见于东川因民、落雪及易门一带,在滇中其他地区也有出露。其显著特征是与潜火山岩共生,分布在潜火山岩体的边缘(图 2e,图 3a)。角砾成分以火山岩(安山岩)为主,少量围岩的岩屑或岩块(如紫红色粉砂岩、砂岩、白云岩)(图 3b)。砾径大

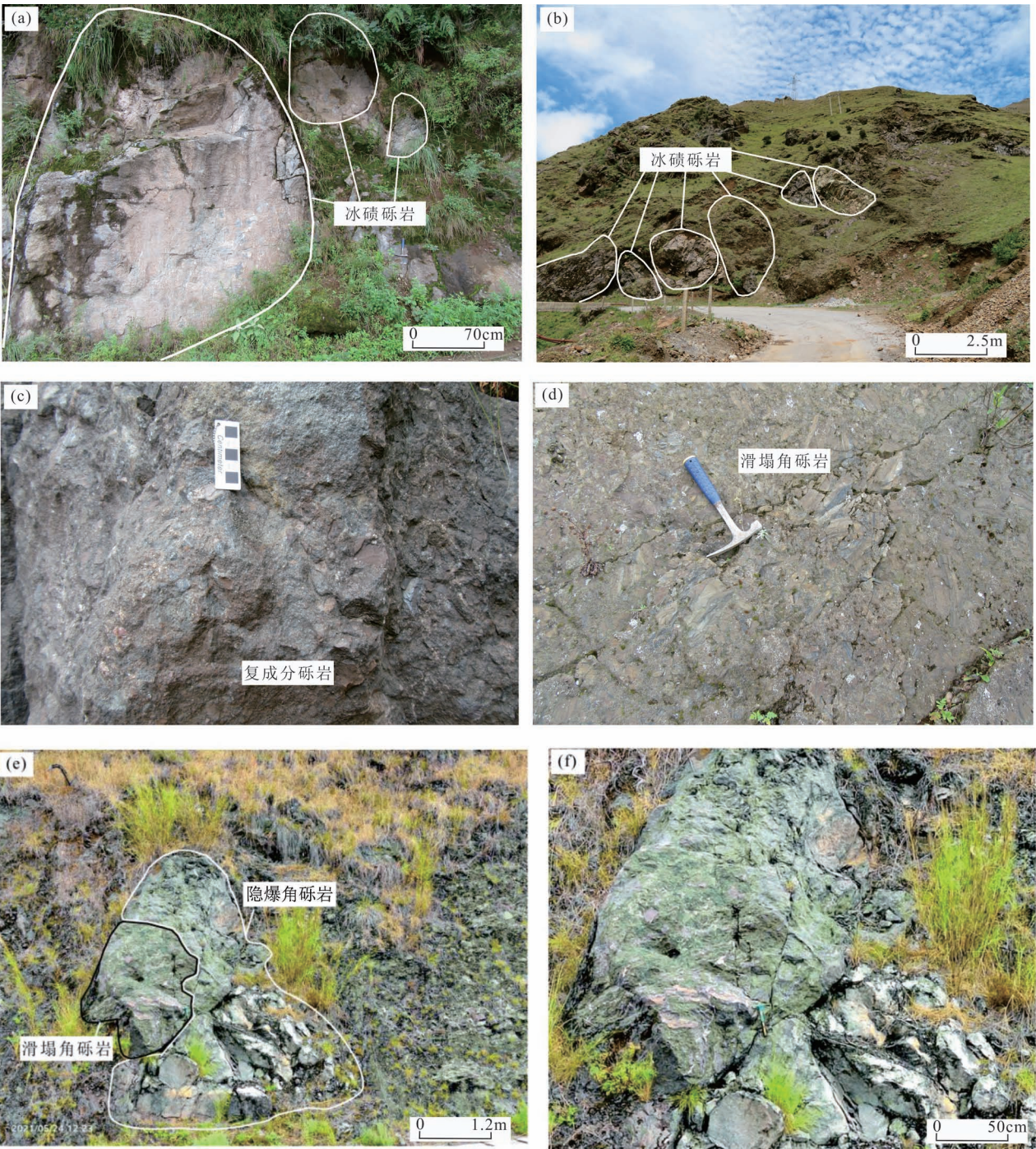


图 2 滇中东川—易门地区因民角砾岩野外特征:(a) 东川因民地区易门群阿不都组冰碛杂砾岩;(b) 东川落雪地区易门群阿不都组冰碛杂砾岩;(c) 东川因民地区易门群阿不都组复成份砾岩;(d) 东川因民地区易门群阿不都组滑塌角砾岩;(e)、(f) 易门绿汁地区滑塌角砾岩及隐爆角砾岩,(f) 为(e)图的局部放大

Fig. 2 Field characteristics of the Yinmin Breccia in Dongchuan—Yimen area, Central Yunnan:(a) moraine conglomerate of the Abudu Formation, Yimen Groupin Dongchuan Yinmin area;(b) moraine conglomerate of the Abudu Formation, Yimen Group, in Luoxue area;(c) compound conglomerate of the Abudu Formation, Yimen Group, in Yinmin Area, Dongchuan;(d) -slumped breccia of the Abudu Formation, Yimen Group, in Yinmin area of Dongchuan;(e), (f) -slumped breccia and cryptoexplosive breccia in Luzhi area, (f) is enlargement of (e) picture

小不一,砾石磨圆极差,多呈尖棱角状。基质为火山岩,在因民一带基质中可见铜、铁矿化现象。与围岩呈侵入接触关系,块状构造,杂乱分布。

2.5 构造角砾岩

构造角砾岩主要指由构造作用形成的角砾岩。特指因民组下部发育断裂构造,致使岩石分生破裂,形成的断裂角砾岩,前人认为还包括水力张裂作用形成的水力张裂角砾岩(熊兴武等,1995)。两者均表现为:均产于因民组一段下部或底部;角砾岩带一般受构造控制,延伸不稳定;砾石多呈次棱角状;成分主要为条带状韵律较发育的砂岩、灰紫色板岩等;均为因民组的岩石碎屑或碎块;在东川地区沿着因民断裂带或茂麓断裂带较为发育。

3 讨论

3.1 因民角砾岩新认识对滇中元古宙盆地演化及古环境研究的意义

古元古界易门群在整个滇中地区分布较广,是《云南省区域地质志》(第二版、修编)近期厘定的早前寒武纪地层(时代 2.35 ~ 1.85 Ga)(李静等,2018a;刘军平等,2018a,2019,2020a,b,c),是综合了元江撮科、易门铜厂、东川牛场坪、东川小江西岸的地质资料新建立的岩石地层单位。易门群自下而上划分为阿不都组、罗洼垭组、亮山组、永靖哨组、西山村组、杉木箐组等6个组级岩石地层单元,各组之间均为整合接触^{①②}(图4b)。易门群记录了地球发展演化早期的一系列重大地质事件,如古元古代早期的休伦冰期事件、古元古代简单多细胞真核生物的出现、狭义的 Lomagundi 碳同位素正漂移事件、富氧大气崩溃后的缺氧富硒沉积(孔凡凡等,2011)。

通过对滇中地区传统“因民角砾岩”进行了详细的野外地质工作,本次对“因民角砾岩”中的复成份砾岩其进行了重新认识,新厘定出古元古界阿不都组底部复成份砾岩;阿不都组岩性以一套分选性很差的杂砾岩为主,下部见底砾岩,向上夹紫红色、灰色泥质板岩、硅质白云岩、英安岩等;《云南省区域地质志》(第二版、修编)在滇中撮科一带对英安岩(编号:YJck-07-5)进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年方法,获得 $2407 \pm 17\text{Ma}$;认为阿不都组沉积时代为古元古代早期^③(李静等,2018a)。在东川模子山一带可见阿不都组不整合盖于太古宙地层之上^④。同时古元古界阿不都组冰碛砾岩的发现,属地球早期“休伦冰期”事件的沉积记录(包括冰碛杂砾岩、冰河砂岩、冰湖页岩等),是继 Siderian 时期的 BIF

后的一次全球事件,又称雪球事件;随后“大氧化事件”约在 2.4 Ga 左右发生,大气氧含量大幅度升高,进而导致大陆地壳的有氧分化,快速的风化作用把大量的营养物质带入海洋,导致滇中地区古元古界易门群亮山组 2.1 Ga 宏体多细胞真核生物的大量繁盛(Bekker et al., 2008;李静等,2018b;刘军平等,2018a,2019),生物大量的死亡导致有机物的大量产生和埋藏,大量有机碳的净埋藏是导致之后永靖哨组碳酸盐岩碳同位素出现正异常的直接原因(杨凡燕,李黎明,2015)。随后富氧大气崩溃后的古元古界易门群西山村组黑色岩系缺氧富硒沉积,是全球性的缺氧—富硒沉积事件,也宣告 Lomagundi 事件的结束(孔凡凡等,2011;刘军平等,2020c)(图4)。

近期大量高精度同位素年龄值及地层学研究表明,将下亚群称昆阳群,上亚群称东川群,仍划归中元古界,且昆阳群时代 1.0 ~ 1.4 Ga,东川群 1.75 ~ 1.45 Ga(高林志等,2018;陈建书等,2020)。熊兴武等(1995)对因民角砾岩研究认为东川群因民组底部存在复成份砾岩,且与其下伏地层之间存在陆上剥蚀或不整合的标志;本次在滇中东川地区也厘定出因民组底部复成份砾岩,且在东川因民、易门铜厂一带发现中元古界东川群因民组不整合盖于古元古代地层之上,为正确理清“正八组”、“倒八组”具有重要指导及参考意义。

古元古界易门群与华北克拉通五台山地区溱沱群地层层序、沉积环境、构造演化及全球重大事件记录(Lomagundi 事件碳同位素正漂移)均可以进行对比(图4)(汤好书等,2008;杨凡燕,李黎明,2015)。本次的发现,为古元古代地层大区域对比提供可靠的依据,也对研究地球早期生物与环境协同演化、有机碳埋藏速率和海洋古环境变化,为滇中元古宙盆地演化提供重要参考资料。

3.2 因民角砾岩新认识对滇中铜、铁找矿的指示意义

滇中地区是铜、铁矿最为发育的场所;前人认识的铜矿主要赋存在中元古界落雪组白云岩中,铁矿主要赋存在中元古界鹅头厂组(黑山组)碎屑岩中;均以沉积改造型为主。铜、铁矿主成矿期均发生在中元古代(史明魁等,2000;潘泽伟等,2017)。随着近期大量同位素研究表明,滇中部分中元古代地层证实为太古宙—古元古代地层(李静等,2018a,b;刘军平等,2019,2020d,e,2021a,b;Liu Junping et al., 2021d),部分铜、铁矿不仅赋存在中元古代地

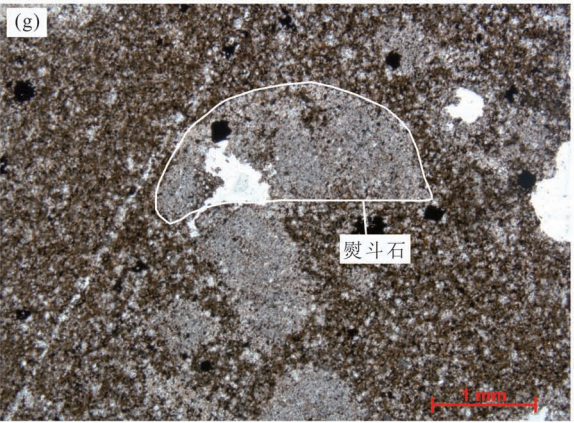
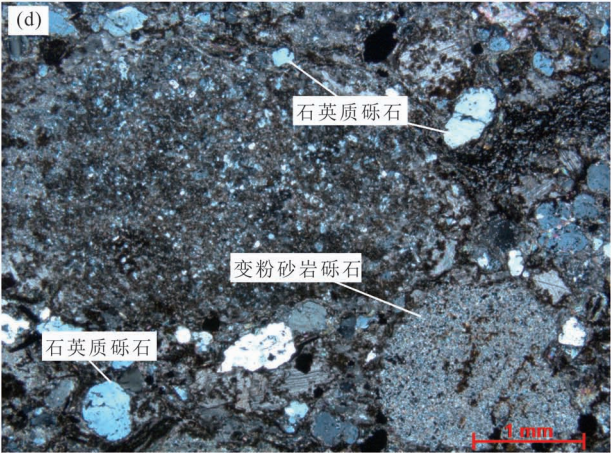
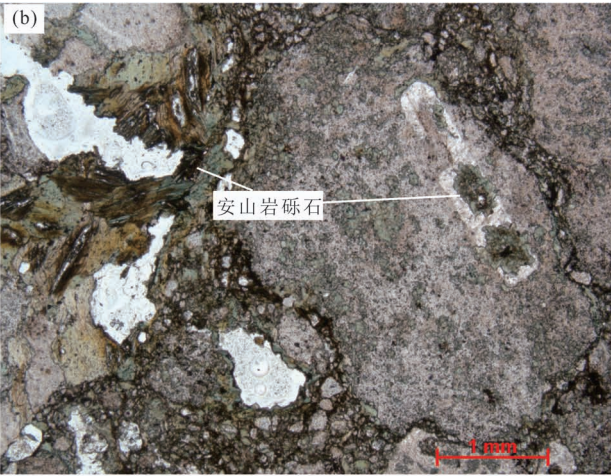


图 3 滇中东川地区因民角砾岩野外及镜下特征:(a) 隐爆角砾岩;(b) 隐爆角砾岩镜下特征;(c) 因民组复成分砾岩;(d) 因民组复成分砾岩镜下特征;(e)、(f) 易门群阿不都组冰碛杂砾岩;(g) 易门群阿不都组冰碛杂砾岩镜下特征

Fig. 3 The Yinmin Breccia field and microscopic characteristics of Dongchuan area in the Central Yunnan: (a) cryptoexplosive breccia; (b) cryptoexplosive breccia under microscope; (c) the Yinmin Formation compound conglomerate; (d) the Yinmin Formation compound conglomerate under microscope; (e), (f) the Yimen Group glacial conglomerate of the Abudu Formation; (g) microscopic features of the glacial conglomerate of the Abudu Formation, Yimen Group

层,还赋存在古元古代—太古宙地层中;笔者等在滇中狮子山矿区侵入于前人划分的中元古界黑山组、落雪组的基性岩获得锆石 U-Pb 年龄加权平均值为 $1858\pm18\text{Ma}$,说明狮子山矿区铜矿主岩落雪组时代不小于 1858Ma ,应重新归属,其主期成矿时间可能与这期古元古代基性岩浆有关(刘军平等,2020a, b, c)。根据最新资料部分学者在武定罗茨铁矿区变质基性火山岩获得 1854Ma (内部资料),也说明武定罗茨地区前人认为的铁矿主岩黑山组时代也应重新归属;特别是在云南撮科一带获得 $3.0\sim1.9\text{Ga}$ 的年龄数据(李静等,2018b; Cui Xiaozhuang et al., 2019, 2020),说明滇中地区前人划分的昆阳群均应

重新厘定;由此可知,滇中地区铜、铁矿赋存层位应重新厘定。

本次对因民角砾岩进行重新归属,特别的古元古界阿不都组及中元古界因民组底砾岩的厘定,对重塑滇中地区早前寒武纪地层层序、构造格架及铜铁找矿有着重要的意义;根据本次研究成果,结合区域资料,笔者等认为滇中地区铜赋存层位有传统认为的中元古界落雪组,中太古界狮子山组、绿汁江组均是重要含铜层位;在东川因民地区古元古界阿不都组部分白云岩中也含铜;滇中地区含铁层位有传统认为的中元古界黑山组、因民组;还有本次新厘定的新太古界龙头山组、茂麓组,古元古界阿不都组、

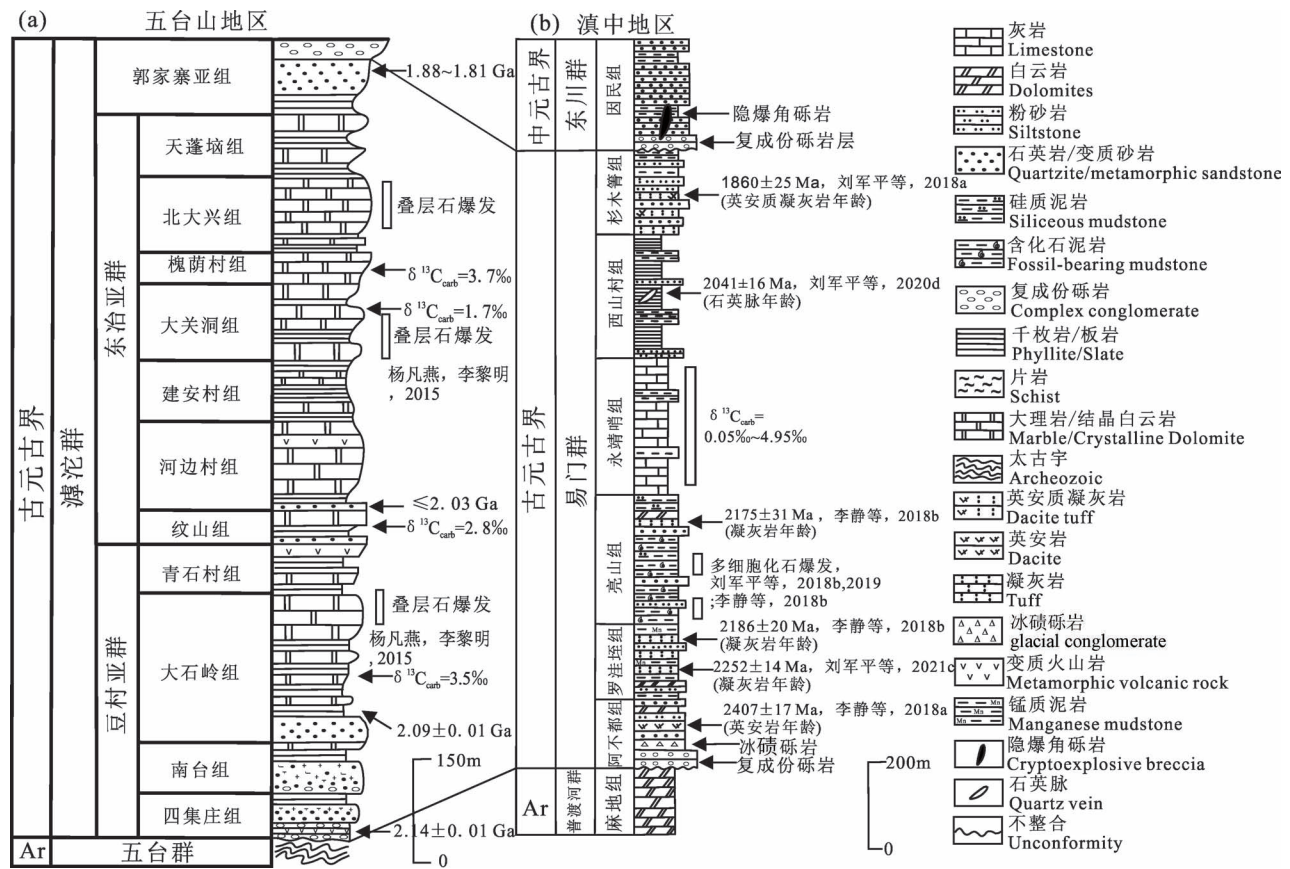


图 4 滇中地区与华北五台山区元古宙地层层序对比图[(a) 据杨凡燕,李黎明,2015 修改]

Fig. 4 Comparison of Proterozoic stratigraphic sequence in Central Yunnan and Wutaishan in North China [(a) modified from Yang Fanyan and Li Liming, 2015]

亮山组。传统意义上的康滇古陆及滇中裂谷“昆阳群及东川群”控矿作用实质上大部分为太古宙—古元古代地层,少部分为中元古界东川群及昆阳群。本次的发现,为滇中寻找铜、铁矿产提供的重要资料,极大的丰富了寻找铜、铁赋存层位。

4 结论

(1)本次对“因民角砾岩”进行详细野外地质工作,根据其成因及时代划分为复成分砾岩、冰碛砾岩、滑塌角砾岩、隐爆角砾岩与构造角砾岩;由此“因民角砾岩”一词已不能概括各种不同成因、不同时代、不同层位的角砾岩或砾岩地质体。

(2)滇中“因民角砾岩”重新认识,为古元古代地层大区域对比、研究地球早期生物与环境协同演化、有机碳埋藏速率和海洋古环境变化提供可靠的依据,也为滇中元古宙盆地演化提供重要参考资料。

(3)本次对“因民角砾岩”进行重新归属,特别的古元古界阿不都组及中元古界因民组底砾岩的厘定,对重塑滇中地区早前寒武纪地层层序、构造格架及大地构造位置提供依据;也为滇中寻找铜、铁矿产提供重要参考资料,极大的丰富了寻找铜、铁赋存层位。

致谢:论文成文及野外过程中得到云南省地质调查院李静、张虎教授级高工的指导;两位审稿人提出了宝贵的修改意见。在此一并表示衷心感谢。

注 释 / Notes

- ① 云南省地质调查院. 2018. 云南省 1:5 万二街幅、易门县幅、鸣矣河幅、上浦贝幅区域地质调查报告。
- ② 云南省地质调查院. 2021. 云南省 1:5 万撒马基幅、因民幅、贵城幅、舒姑幅成果报告。
- ③ 云南省地质调查院. 2021. 《云南省区域地质志》(第二版,修编)成果报告。

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

- 陈建书,代雅然,唐烽,彭成龙,张嘉玮,朱和书,陈兴,王文明,龚桂源. 2020. 扬子地块周缘中元古代末—新元古代主要构造运动梳理与探讨. 地质论评, 66(3): 533~554.
- 高林志,张恒,张传恒,丁孝忠,尹崇玉,武振杰,宋彪. 2018. 滇东昆阳群地层层序的厘定及其在中国地层表的位置. 地质论评, 64(2): 283~298.
- 花友仁. 1959. 对东川铜矿区地层划分和区域构造的探讨. 地质论评, 4(2): 155~162.
- 胡承绮,冯佐海,工林江,石体坚,李骏青. 1997. 中酸性隐爆角砾岩、次火山(超浅成)岩与成矿的关系——以广西贵港新民—古塘铜银矿区为例. 地质与勘探, 1(4): 1~6.

- 孔凡凡,袁训来,周传明. 2011. 古元古代冰期事件:山西五台地区淳沱群的碳同位素证据. 科学通报, 56(32): 2699~2707.
- 吕世琨,戴恒贵. 2001. 康滇地区建立昆阳群(会理群)层序的回顾和重要赋矿层位的发现. 云南地质, 20(1): 1~24.
- 李希勤,花友仁,李良骥,范承钧,段国莲,瞿云川. 1953. 云南东川铜矿地质. 地质学报, 3(1): 76~84.
- 李先福,李建威,李子金,傅昭仁. 2001. 水力压裂角砾岩:一种重要的地质异常和找矿标志. 中国地质大学学报, (2): 135~138.
- 李静,刘桂春,刘军平,胡绍斌,曾文涛,孙柏东,张虎,邓仁宏,张志斌,刘发刚,段向东,俞赛赢,王晓峰,赵云江,周坤. 2018a. 滇中地区早前寒武纪地质研究新进展. 地质通报, 37(11): 1957~1969.
- 李静,刘军平,孙柏东,刘桂春,胡绍斌,曾文涛,张虎,邓仁宏,俞赛赢. 2018b. 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. 地质通报, 37(11): 2087~2098.
- 刘军平,曾文涛,徐云飞,孙柏东,胡绍斌,刘桂春,宋冬虎,吕勃烨,王晓峰. 2018a. 滇中易门地区约 1.85Ga 凝灰岩的厘定及其地质意义. 地质通报, 37(11): 2055~2062.
- 刘军平,李静,孙柏东,胡绍斌,曾文涛,刘发刚,孙志明,丛峰,徐云飞. 2018b. 滇中易门地区发现化石新物种. 沉积与特提斯地质, 38(1): 37~40.
- 刘军平,李静,王伟,孙柏东,曾文涛,宋冬虎,关学卿,吕勃烨,郝学锋,孙鹏. 2019. 滇中易门地区早前寒武纪地层化石的发现及其意义. 沉积与特提斯地质, 39(4): 57~65.
- 刘军平,孙柏东,王晓峰,刘伟,马进华,关学卿,宋冬虎,吕勃烨. 2020a. 滇中禄丰地区中元古代早期球颗玄武岩的锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其大地构造意义. 地质论评, 66(1): 35~51.
- 刘军平,李静,王根厚,孙柏东,胡绍斌,俞赛赢,王小虎,宋冬虎. 2020b. 扬子板块西南缘基性侵入岩锆石定年及地球化学特征——Columbia 超级大陆裂解的响应. 地质论评, 66(2): 350~364.
- 刘军平,李静,段向东,曹晓民,胡绍斌,李开毕,王路,关学卿,曾文涛,刘发刚,张虎,俞赛赢. 2020c. 滇中易门地区富硒土壤物质来源及其天然富硒野生菌初步研究. 地质论评, 66(3): 786~794.
- 刘军平,王小虎,关学卿,邓仁宏,殷伟,罗光明,田素梅. 2020d. Columbia 超大陆汇聚在扬子陆块西南缘的响应——来自热液石英脉锆石 U-Pb 年龄的证据. 中国地质. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20200915.0908.004.html>
- 刘军平,王晓峰,王小虎,杨爱平,宋冬虎,田素梅,夏彩香,张坤,杨仕潘. 2020e. 滇中甸中地区中二叠世晚期镁铁—超镁铁质岩体特征及其与峨眉地幔柱关系——来自锆石 U-Pb 年龄及岩石地球化学证据. 地质论评, 66(5): 1284~1298.
- 刘军平,孙柏东,关学卿,宋冬虎,吕勃烨,朱勋早,马进华. 2021a. 云南易门英云闪长岩锆石 U-Pb 年龄(2.43 Ga)报道. 中国地质, 48(3): 963~965.
- 刘军平,熊波,李静,王小虎,胡绍斌,俞赛赢,张虎,杨爱平,吴清华. 2021b. 扬子西缘东川落雪地区元古宙地层中 3890 Ma 锆石的发现. 地质学报, 95(5): 1606~1613.
- 刘军平,宛胜,李静,邓仁宏,赵江泰,陈棵,吴嘉林. 2021c. 滇中易门地区古元古界易门群罗洼垭组火山岩锆石 U-Pb 年龄及其构造热事件. 地质通报, 40(7): 1024~1032.
- 潘泽伟,赵波,余海军,柏杨,明添学,朱悦彰. 2017. 滇中鹅头厂铁矿床含矿岩系及成矿作用年代学研究. 矿产勘查, 8(4): 626~630.
- 孙家聪. 1983. 论昆阳群的划分及对比. 昆明理工学院学报, 3: 1~18.
- 史明魁,苟月明,陈富文,陈广伟. 2000. 火成角砾岩与成矿作用的关系研究. 华南地质与矿产, (2): 34~42.
- 汤好书,陈衍景,武广,赖勇. 2008. 辽北辽河群碳酸盐岩碳—氧同位素特征及其地质意义, 岩石学报, 24(1): 129~138.
- 汪劲草,彭思生,孙振家. 1999. 东川因民角砾岩为水压角砾岩的地质证据及其成因意义. 地质评论, (3): 70.

吴懋德,段锦荣,宋学良,陈良忠,但韵清. 1990. 云南昆阳群地质. 昆明: 云南科技出版社: 1~265.

熊兴武,侯蜀光,薛顺荣. 1995. 滇中昆阳群因民角砾岩及其成因. 地质科技情报,14(4): 399~408.

薛步高. 2000. 昆阳群层序与对比问题, 云南地质, 20(4): 37~384.

杨凡燕,李黎明. 2015. 华北克拉通古元古代碳酸盐岩碳同位素循环及意义. 宁夏工程技术, 14(4): 43~48.

姚飞,黄浩,柳玉龙. 2010. 对滇中昆阳群因民角砾岩的初步探讨. 科技情报开发与经济, 20(13): 150~152.

Bekker A, Holmden C, Beukes N J, Kenig F, Eglinton B, Patterson W P. 2008. Fractionation between inorganic and organic carbon during the Lomagundi (2. 22 ~ 2. 1Ga) carbon isotope excursion. *Earth and Planetary Science Letters*, 271: 278~291.

Cui Xiaozhuang, Wang Jian, Sun Zhiming, Wang Wei, Deng Qi, Ren Guangming, Liao Shiyong, Huang Mingda, Chen Fenglin, Ren Fei. 2019. Early Paleoproterozoic (ca. 2. 36Ga) post-collisional granitoids in Yunnan, SW China: Implications for linkage between Yangtze and Laurentia in the Columbia supercontinent. *Journal of Asian Earth Sciences*, 169, 308~322. doi:10. 1016/j. jseas. 2018. 10. 026.

Cui Xiaozhuang, Wang Jian, Ren Guangming, Deng Qi, Sun Zhiming, Ren Fei, Chen Fenglin. 2020. Paleoproterozoic tectonic evolution of the Yangtze Block: New evidence from ca. 2. 36 to 2. 22 Ga magmatism and 1. 96 Ga metamorphism in the Cuoke complex, SW China. *Precambrian Research*, 337: 105525. doi: 10. 1016/j. precamres. 2019. 105525.

Chen Jianshu, Dai Yaran, Tang Feng, Peng Chenglong, Zhang Jiawei, Zhu Heshu, Chen Xing, Wang Wenming, Gong Guiyuan. 2020&. Discussion on the Mesoproterozoic and Neoproterozoic major tectonic events in marginal area of the Yangtze Block. *Geological Review*, 66(3): 533~554.

Gao Linzhi, Zhang Heng, Zhang Chuanheng, Ding Xiaozhong, Yin Chongyu, Wu Zhengjie, Song Biao. 2018&. Collate and stipulate the sequences of the Mesoproterozoic Kunyang Group in eastern Yunnan and its position in stratigraphic column of China. *Geological Review*, 64(2): 283~298.

Hua Youren. 1959#. Discussion on stratigraphic division and regional structure of Dongchuan Copper Mining Area. *Geological Review*, 4(2): 155~162.

Hu Chengqi, Feng Zuohai, Gong Linjiang, Shi Tijian, Li Junqing. 1997&. Study on the features of intermediate—acid cryptoexplosion breccia and subvolcanic rocks (Ultra-hypabyssal rocks) and their relation with mineralization——taking Xinmin—Jitang copper and silver mining area of Guigang, Guangxi as an example. *Geology and Prospecting*, 1(4): 1~6.

Kong Fanfan, Yuan Xunlai, Zhou Chuanming. 2011&. Paleoproterozoic glaciation: evidence from carbon isotope record of the Hutuo Group, Wutai Mountain area of Shanxi Province, China. *Chinese Science Bulletin*, 56(27): 2922~2930.

Li Jing, Liu Guichun, Liu Junping, Hu Shaobin, Zeng Wentao, Sun Baidong, Zhang Hu, Deng Renhong, Zhang Zhibin, Liu Fagang, Duan Xiangdong, Yu Saiying, Wang Xiaofeng, Zhao Yunjiang, Zhou Kun. 2018a&. New progress in the study of early Pre-Cambrian geology of central Yunnan Province. *Geological Bulletin of China*, 37(11): 1957~1969.

Li Jing, Liu Junping, Sun Baidong, Liu Guichun, Hu Shaobin, Zeng Wentao, Zhang Hu, Deng Renhong, Yu Saiying. 2018b&. Chronological constraints on multi-cellular organism fossil from Liangshan Formation of Paleoproterozoic Yimen Group in central Yunnan Province. *Geological Bulletin of China*, 37(11): 2087 ~ 2098.

Liu Junping, Li Jing, Sun Baidong, Hu Shaobin, Zeng Wentao, Liu Fagang, Sun Zhiming, Cong Feng, Xu Yunfei. 2018a&. The discovery of new fossil species in the Yimen region, central Yunnan. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 38(1): 37~40

Liu Junping, Zeng Wentao, Xu Yunfei, Sun Baidong, Hu Shaobin, Liu Guichun, Song Donghu, Lü Boye, Wang Xiaofeng 2018b&. The definition and geological significance of tuffs about 1. 85Ga in Yimen area, central Yunnan Province. *Geological Bulletin of China*, 37(11): 2055~2062.

Liu Junping, Li Jing, Wang Wei, Sun Baidong, Zeng Wentao, Song Donghu, Guan Xueqing, Lü Boye, Hao Xuefeng, Sun Peng. 2019&. The discovery and significance of the fossils from the Early Precambrian strata in the Yimen region, central Yunnan. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 39(4): 57~65.

Liu Junping, Sun Baidong, Wang Xiaofeng, Liu Wei, Ma Jinhua, Guan Xueqing, Song Donghu, Lü Boye. 2020a&. The zircon U-Pb age, geochemical characteristics and tectonic significance of the spherical basalt in the early Mesoproterozoic in Lufeng area central Yunnan. *Geological Review*, 66(1): 35~51.

Liu Junping, Li Jing, Wang Genhou, Sun Baidong, Hu Shaobin, Yu Saiying, Wang Xiaohu, Song Donghu. 2020b&. Geochemistry and U-Pb age of zircons of mafic intrusion in the southwestern margin of the Yangtze plate: Response to breakup of the Columbia supercontinent. *Geological Review*, 66(2): 350~364.

Liu Junping, Li Jing, Duan Xiangdong, Cao Xiaomin, Hu Shaobin, Li Kaibi, Wang Lu, Guan Xueqing, Zeng Wentao, Liu Fagang, Zhang Hu, Yu Saiying. 2020c&. Material sources of selenium-rich soil and its natural selenium-rich wild bacteria in Yimen area, central Yunnan. *Geological Review*, 66(3): 786~794.

Liu Junping, Wang Xiaohu, Guan Xueqing, Deng Renhong, Yin Wei, Luo Guangming, Tian Sumei. 2020d&. Response to Columbia supercontinent convergence in the southwestern margin of Yangtze Plate——Evidence from U-Pb age of hydrothermal quartz vein zircon. *Geology in China*. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20200915.0908.004.html>.

Liu Junping, Wang Xiaofeng, Wang Xiaohu, Yang Aiping, Song Donghu, Tian Sumei, Xia Caixiang, Zhang Kun, Yang Shipan. 2020e&. Characteristics of the late Middle Permian mafic—ultramafic rocks in Dianzhong area, central Yunnan, and their relationship with the Emei Mantle Plume——Evidence from zircon U-Pb age and petrogeochemistry. *Geological Review*, 66(5): 1284~1298.

Liu Junping, Sun Bodong, Guan Xueqing, Song Donghu, Lü Boye, Zhu Xunzao, Ma Jinhua. 2021a&. Report of the zircon U-Pb age (2. 43 Ga) of tonalite in Yimen, Yunnan. *Geology in China*. *Geology in China*, 48(3): 963~965. .

Liu Junping, Xiong Bo, Li Jing, Wang Xiaohu, Hu Shaobin, Yu Saiying, Zhang Hu, Yang Aiping, Wu Qinghua. 2021b&. The discovery of 3890 Ma zircon in Proterozoic strata in the Dongchuan Luoxue area, western margin of the Yangtze plate. *Acta Geologica Sinica*, 95(5): 1606~1613.

Liu Junping, Wan Sheng, Li Jing, Deng Renhong, Zhao Jiangtai, Chen Ke, Wu Jialin. 2021c&. Zircon U-Pb age and technology thermal event of the volcanic Rocks form the Paleoprozoic Yimen Group Luowadie Formation in Yimen area, Central Yunnan. *Geological Bulletin of China*, 40(7): 1024~1032.

Liu Junping, Tian Sumei, Zhu Xunzao, Ma Jinhua, Li Jing, Hu Shaobin, Yu Saiying, Zhang Hu, She Zhongming, Li Xugui. 2021d. Rhyolitic tuffaceous slate discovered on the southwestern margin of Yangtze Craton: ages, significance and relevant tectonic—thermal events,

- China Geology. doi: 10.31035/cg2021004.
- Li Xiji, Hua Youren, Li Liangji, Fan Chengjun, Duan Guolian, Qu Yunchuan. 1953#. Geology of Dongchuan Copper Deposit in Yunnan. *Acta Geologica Sinica*, 3(1):76~84.
- Li Xianfu, Li Jianwei, Li Zijin, Fu Zhaoren. 2000#. Hydraulic fracturing breccia: an important geological anomaly and ore-finding indicator. *Journal of China University of Geosciences*, (2):135~138.
- Lue Shikun, Dai Henggui. 2001#. A review of the set-up of Kunyang groups sequence and the discovery of important ore-bearing horizons in Kang-Dian area. *Yunnan Geology*, 20(1):1~24.
- Pan Zewei, Zhao Bo, Yu Haijun, Bo Yang, Ming Tianxue, Zhu Yuezhong. 2017#. Study on the ore-forming formation and chronology of Etouchang iron deposit in central Yunnan. *Mineral Exploration*, 8(4):626~630.
- Sun Jiachong. 1983#. On Division and correlation of Kunyang Group. *Journal of Kunming Institute of Technology*, 3:1~18.
- Shi Mingkui, Gou Yueming, Chen Fuwen, Chen Guangwei. 2000#. Study on relationships between igneous breccia and mineralization. *Geology and Mineral Resources of South China*, (2):34~42.
- Tang Haosu, Chen Yanjing, Wu Guang, Lai Yong. 2008#. Rare earth element geochemistry of carbonates of Dashiqiao Formation, Liaohé Group, eastern Liaoning province: Implications for Lomagundi Event. *Acta Petrologica Sinica*, 24(1):129~138.
- Wang Jincao, Peng Sisheng, Sun Zhenjia. 1999#. Geological Evidence of Dongchuan Yinmin Breccia as Hydraulic Breccia and Its Genetic Significance. *Geological Review*, (3):70.
- Wu Maode, Duan Jinsui, Song Xueliang, Chen Liangzhong, Dan Yunqing. 1990#. Geology of Kunyang Group in Yunnan. Kunming: Yunnan Tectonic Publish House, 1~265.
- Xue Bugao. 2000#. Problems in stratigraphic sequence and correlation of Kunyang Group. *Yunnan Geology*, 20(4):376~384.
- Xiong Xingwu, Hou Shuguang, Xue Shunrong. 1995#. Yinmin breccia and its origin, proterozoic kunyang Group, central yunnan Province. *Geological Science and Technology Information*, 14(4):399~408.
- Yao Fei, Huang Hao, Liu Yulong. 2010#. Probe into Yinmin Breccia of Kunyang Cluster in Central Yunnan. *Sci-Tech Information Development & Economy*, 20(13):150~152.
- Yang Fanyan, Li Liming. 2015#. The carbon isotope circulation and significance of paleoproterozoic carbonate in North China Craton. *Ningxia Engineering Technology*, 14(4):43~48.
- Yang Fanyan, Li Liming. 2015#. The carbon isotope circulation and significance of paleoproterozoic carbonate in North China Craton. *Ningxia Engineering Technology*, 14(4):43~48.

The Yinmin Breccia types, characteristics and prospecting significance in Central Yunnan

LIU Junping^{1, 2, 3)}, WAN Sheng⁴⁾, DAI Qi⁵⁾, TIAN Sumei¹⁾, ZHAO Jiangtai¹⁾, WU Jialin¹⁾

1) *Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming*, 650216;

2) *School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing*; 100083;

3) *Key Laboratory of Sanjiang Metallogeny and Resources Exploration and Utilization, MNR, Kunming*, 650051;

4) *Geological Survey of Jiangxi Province, Nanchang*, 330000;

5) *Yunnan Provincial Geological Engineering Survey Corporation, Kunming*, 650216

Objectives: The author conducted a 1:50,000 field geological survey of the Yinmin breccia, which was drawn by the predecessors in the Dongchuan—Yimen area, and made a preliminary classification.

Results: According to its genesis and age, it is divided into compound conglomerate, glacial conglomerate, slump breccia, detonation breccia and structural breccia.

Conclusions: The research on the genesis and age of "Yinmin breccia", especially the proposal of "icicle conglomerate and compound conglomerate", is useful for solving the early and pre-Cambrian stratigraphic sequence, age, structural framework, The location of the geotectonic structure and the comparison of the stratigraphy in a large area, the exploration of the evolution of the Proterozoic geological history in Central Yunnan, the study of the paleoenvironment, and the guidance of ore prospecting are all important indicators.

Key words: Yinmin breccia; glacial conglomerate; Dongchuan Group; Kunyang Group; Central Yunnan

Acknowledgements: This paper is the results of Regional Geological Survey of 1:50000 Samaki, Yinmin, Guicheng and Shugu in Yunnan Province (No. D201905), Data Processing of Series of Geological Maps of Yunnan Province and Research on Ocean Plate Geology (No. DD20190370)

First author: Liu Junping, male, born in 1983. senior engineer, Ph. D. candidate, is mainly engaged in regional geological and structural geological investigation and research; Email: 271090834@qq.com

Manuscript received on: 2021-06-22; Accepted on: 2021-09-16; Network published on: 2021-09-20

Doi: 10.16509/j.georeview.2021.09.075

Edited by: ZHANG Yuxu

