第42卷第1期	沒和片柱相北山氏	Sedimenters Cerlers and Tathmer Cerlers	Vol. 42 No. 1
2022 年 3 月	仉侬马苻旋别地顶	Sedimentary Geology and Tethyan Geology	Mar. 2022

DOI:10.19826/j. cnki. 1009-3850. 2022. 01006

张传昱,李文昌,余海军,李婉婷,罗建宏,沙建泽,吴清华,潘泽伟,2022. 云南水头山铅锌矿床闪锌矿 Rb-Sr 定年及其地质意义[J]. 沉积与特提斯地质,42(1):122-132.

Zhang C Y, Li W C, Yu H J, Li W T, Luo J H, Sha J Z, Wu Q H, Pan Z W, 2022. Sphalerites Rb-Sr Dating and geological significance of the Shuitoushan Pb-Zn deposit in Yunnan Province, SW China[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 42(1):122-132.

云南水头山铅锌矿床闪锌矿 Rb-Sr 定年及其地质意义

张传昱^{1,2,3},李文昌^{1,2,4},余海军^{2,3*},李婉婷⁵, 罗建宏^{2,3},沙建泽^{2,3},吴清华³,潘泽伟^{2,3}

(1. 昆明理工大学国土资源工程学院,云南 昆明 650093;2. 自然资源部三江成矿作用及资源勘查利 用重点实验室,云南 昆明 650051;3. 云南省地质调查院,云南 昆明 650216;4. 中国地质调查局 成都地质调查中心,四川 成都 610081;5. 云南大学地球科学学院,云南 昆明 650500)

摘要:水头山铅锌矿床位于保山地块南端芦子园矿集区,区内以发育砂卡岩型和热液脉型两类铅锌矿化为特点。为查明铅锌 多金属成矿作用过程,本文对水头山热液脉型铅锌矿床主成矿阶段的闪锌矿开展了 Rb-Sr 同位素组成测定,获得闪锌矿的 Rb-Sr 等时线年龄为135.8±4.2Ma(MSWD=1.70,n=6),结合区内其他矿床的成矿年龄,认为芦子园矿集区在早白垩世发生 过较大规模的铅锌多金属成矿事件。闪锌矿的初始 Sr 同位素组成((⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i=0.710258~0.710430)及矿石中硫化物的 S、 Pb 同位素组成特征共同揭示,水头山铅锌矿床的成矿物质主要来源于区内深部的隐伏中酸性侵入岩,并有部分围岩物质加 入。结合区内矿床地质特征和成矿地质背景,认为早白垩世腾冲地块和保山地块的碰撞造山作用引发地壳重熔,在芦子园矿 集区产生大量富含 Fe、Cu、Pb、Zn 的花岗质岩浆,上侵就位形成隐伏中酸性岩体,并在与沙河厂组大理岩接触部位形成芦子园 矽卡岩型铁铅锌矿床。此后,热液沿区内北东向和近东西向断裂继续活动,在有利空间形成水头山、放羊山和罗家寨等一系 列热液脉型铅锌多金属矿床。

关 键 词:水头山铅锌矿床;闪锌矿 Rb-Sr 定年;成矿物质来源;保山地块;云南 中图分类号:P597⁺.1;P618.4 文献标识码:A

Sphalerites Rb-Sr Dating and geological significance of the Shuitoushan Pb-Zn deposit in Yunnan Province, SW China

ZHANG Chuanyu^{1,2,3}, LI Wenchang^{1,2,4}, YU Haijun^{2,3}*, LI Wanting⁵, LUO Jianhong^{2,3}, SHA Jianze^{2,3}, WU Qinghua³, PAN Zewei^{2,3}

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China; 2. Key Laboratory of Sanjiang Metallogeny and Resources Exploration and Utilization, MNR, Kunming 650051, China; 3. Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming 650216, China; 4. Chengdu Center, China Geological survey, Chengdu 610081, China; 5. School of Earth Science, Yunnan University, Kunming 650500, China)

Abstract: The Shuitoushan lead-zinc deposit is located in Luziyuan ore concentration area at the southern margin of

收稿日期: 2021-10-21; 改回日期: 2021-12-23

作者简介:张传昱(1988—),男,硕士,高级工程师,主要从事找矿勘查和成矿规律研究。E-mail: chuanyu. zhang@ foxmail. com

通讯作者:余海军(1985—),男,博士,正高级工程师,主要从事找矿勘查和矿床学研究。E-mail:yhj307@163.com

资助项目:国家自然科学基金重大研究计划(92055314);云南省科技计划项目(2019FD065、2019FA018);云南省科学技术奖-杰出贡献奖项目(2017001);云南省教育厅科学研究基金项目(2021J001)

the Baoshan block, Yunnan Province. The Luzivuan ore concentration area is characterized by the development of skarn type and hydrothermal vein type lead-zinc mineralization. The Rb and Sr isotopic composition of Sphalerite formed in the main mineralization stage of Shuitoushan hydrothermal vein lead-zinc deposit is determined to investigate the process of lead-zinc polymetallic mineralization in the area. The obtained Rb-Sr isochron age of sphalerite is 135.8 \pm 4.2Ma (MSWD = 1.70, n = 6), which is equivalent to the metallogenic ages of other deposits in the area, indicates that a large-scale lead-zinc polymetallic metallogenic event had occurred in Luziyuan ore concentration area in the Early Cretaceous. The initial Sr isotopic composition of sphalerite ($({}^{87}$ Sr/ 86 Sr) = 0.710258 ~ 0.710430) and the existing sulfur and lead isotopic characteristics of sulfides jointly reveal that the metallogenic materials of Shuitoushan lead-zinc deposit are mainly derived from the concealed intermediate-acid intrusive rocks in the deep part of the region, with a small contribution of surrounding rocks. Basing on the geological characteristics and metallogenic geological background of the deposit in the area, we put forward the point of view that the collision orogeny of Tengchong block and Baoshan block in the Early Cretaceous triggered crustal remelting, which produced a large number of granitic magma rich in Fe, Cu, Pb and Zn in Luziyuan ore concentration area. Intrusion of these magmas led to the emplacement of the regional concealed granite body, and formed Luziyuan skarn type iron-lead-zinc deposit at the contact zone between the granite and the marble of Shahechang Formation. After that, the hydrothermal fluids continued to move along the Northeast and near East-West faults in the area, and formed a series of hydrothermal vein lead-zinc polymetallic deposits such as Shuitoushan, Fangyangshan, Luojiazhai and Pipashui.

Key words: Shuitoushan Pb-Zn deposit; sphalerite Rb-Sr dating; source of ore-forming materials; Baoshan Block; Yunnan

0 引言

保山地块是三江特提斯的一个重要组成单元, 近年来在其内部发现了多个大型—超大型铅锌多 金属矿床(核桃坪、金厂河、西邑、勐兴、芦子园),中 小型矿床数十个,已成为我国重要的铅锌多金属成 矿区之一。芦子园矿集区位于保山地块南端,区内 主要发育以芦子园矽卡岩型矿床和水头山热液脉 型矿床为代表的两种铅锌多金属矿化类型,学者们 对这两类矿床进行了大量的研究,在矿床地质特 征、成矿物质流体来源及矿床成因等方面积累了丰 富资料(夏庆霖等,2005;卢映祥,2011;朱飞霖等, 2011;蒋成兴等, 2013;余海军等, 2015;张传昱等, 2017;邓明国等, 2017, 2018; Yang et al., 2019; 陈 俞宏等, 2020; 高志武等, 2020; Xu et al., 2021; Xu et al., 2021; Zhang et al., 2021), 但热液脉型矿床 的成矿年代学研究尚属空白,成矿构造背景尚不明 确,导致两种铅锌矿化类型是否属于同一成矿系统 尚存在争议,严重制约了对芦子园矿集区乃至整个 保山地块成矿作用和成矿规律的认识。

随着高精度同位素年代学测试技术的快速发展,闪锌矿的 Rb-Sr 同位素定年方法已成为铅锌矿 床同位素地质年代学研究的一种重要手段,并已先 后在国内外多种类型的铅锌矿床中大量成功应用 (Nakai et al., 1990; Christensen et al., 1995; 李文 博等, 2002; 侯明兰等, 2006; 朱飞霖等, 2011; 杨 群等, 2018; 王生伟等, 2018; Liu et al., 2018)。本 次研究选择区内典型的热液脉型矿床——水头山 铅锌矿床,开展了 Rb-Sr 同位素组成测定,以精确厘 定该矿床的形成年龄,结合其他矿床的年代学资 料,约束整个芦子园矿集区的铅锌成矿作用时限, 同时为矿床成矿物质来源提供 Sr 同位素证据。在 此基础上,结合区域成矿地质背景和矿床地质特 征,及前人的 S、Pb 同位素资料,总结了该区的铅锌 成矿作用过程。

1 区域地质背景

保山地块位于印度 - 欧亚大陆碰撞结合带东侧,是晚古生代从冈瓦纳大陆上分离出来的一个独立地体(莫宣学等,2006),其西界为怒江断裂,东界为澜沧江断裂,北部在碧江一带由于澜沧江断裂和怒江断裂汇拢而消失,构成滇缅泰马(Sibumasu)地体的一部分(图1;陶琰等,2010)。形成于新元古代一中寒武世的公养河群构成了保山地块的变质基底,其上覆盖了一套形成于晚寒武世一中生代的浅海半深海相碎屑岩、碳酸盐岩和硅质岩。区域上



图 1 保山地块大地构造位置图(a;据 Deng et al., 2014a; Wang et al., 2014)及主要构造、岩浆岩和矿床位置图(b;据 Deng et al., 2014b; Li et al., 2015; Liao et al., 2015; Chen et al., 2017 修改)

Fig. 1 Tectonic setting (a; after Wang et al., 2014; Deng et al., 2014a) and the sketch map of main structures, magmatic rocks and ore deposits (b; modified after Deng et al., 2014b; Liao et al., 2015; Li et al., 2015; Chen et al., 2017) in the Baoshan Block

构造变形以发育密集排列的断裂和宽缓褶皱为特征,构造线主要呈 SN 向、NW 向和 NE 向展布,总体 呈向东的弧形弯曲。

保山地块岩浆活动较为频繁,以中酸性侵入岩 为主,形成时代主要集中在早古生代和中生代(图 1)。早古生代花岗岩主要出露在保山地块中南部, 年龄范围大致在 502~448Ma 之间,形成于统一冈 瓦纳大陆时期(Chen et al., 2007; Liu et al., 2009; Dong et al., 2013);中生代花岗岩主要出露于保山 地块边部,代表性的有木厂岩体(266±5.4Ma)(Ye et al., 2010)、耿马大山岩体(232~221Ma)(聂飞 等,2012)、志本山岩体(126.7±1.6Ma)(陶琰等,2010)和柯街岩体(93±13Ma)(陶琰等,2010)。

芦子园矿集区内主要出露早古生代寒武系上 统核桃坪组(ϵ₃h)、沙河厂组(ϵ₃sh)、保山组(ϵ₃ b)和奥陶系中上统蒲缥组(O₂p)地层。寒武系地层 出露面积最大,主要分布于芦子园背斜核部及两 翼,其中沙河厂组和保山组地层为主要含矿层位, 含矿岩性主要为板岩、灰岩和大理岩。北东向的芦 子园背斜控制了区内矿床的总体展布情况,北东向 和近东西向断裂控制了矿体的产出,是主要的控 矿、容矿构造,后期的北西向断裂常常切断早期形 成的矿体,具破坏作用。区内侵入岩总体不发育, 地表有基性岩脉出露,但重力、航磁异常和遥感解 译均显示在芦子园一水头山一带深部有隐伏中酸 性岩体存在,面积约300km²(赵志芳等,2002;吾守 艾力·肉孜等,2015;Liang et al.,2015;陈元坤等, 2016;梁生贤,2018)。矿集区内发育有大小十数 个铅锌多金属矿床(点)(表1),其中芦子园矿床是 目前保山地块内发现的资源量最大的铁铅锌矿床, 铅锌金属量419.77万吨,铁矿石量3.13亿吨(杨淑 胜等,2015),水头山矿床是区内典型的热液脉型矿 床,铅锌金属量约10万吨,达中型规模。

2 水头山矿床地质特征

水头山铅锌矿床的矿体为隐伏矿体,常呈脉 状、似层状产出于近东西向的断层破碎带中,围岩 为寒武系上统保山组一段($\epsilon_3 b^1$)灰岩和砂质板岩 (图2、图3)。水头山矿床可圈出6个铅锌矿体 (SKT1、SKT2、WKT1、WKT2、WKT3、WKT4),其中 SKT1、SKT2、WKT4规模较大,为主要矿体。矿体总 体走向近东西,倾向330°~20°,倾角38°~63°,沿 走向长300~345m,最大倾斜延深305~360m,厚度 0.65~4.22m、平均1.62m,分布标高1708~2150m。 矿石品位Pb:0.17%~11.36%、平均1.81%,Zn: 0.65%~12.54%、平均4.36%。





Fig. 2 Geological sketch map of the Shuitoushan Pb-Zn deposit

矿石中金属矿物主要包括黄铜矿、方铅矿、闪 锌矿和黄铁矿,次为毒砂、白铁矿等,非金属矿物主 要包括石英和方解石,次为绿泥石、白云石等。矿 石构造主要有似层状构造(图 4a)、脉状构造(图 4b)、致密块状构造、浸染状构造(图4c、d)、条带状 构造、网脉状构造和晶洞状构造。矿石结构主要有 自形粒状结构(图4e、f)、半自形一它形粒状结构、 包含结构、尖角状交代结构(图4g)、填隙结构、骸晶 结构、固溶体分离结构(图4h)及揉皱结构和碎裂结 构等。围岩蚀变类型简单,分布范围较小,以主要 发育中一低温热液蚀变为特征,如硅化、黄铁矿化、 绢云母化、绿泥石化和方解石化等,当这些蚀变组 合同时出现时是重要的找矿标志。



图 3 水头山铅锌矿床 S15 号勘探线剖面图



根据矿物共生组合、矿石结构构造及矿物穿切 关系,本文将水头山矿床的成矿过程划分为3个成 矿阶段(图5):

黄铁矿-石英阶段(I阶段)形成大量的含黄铁 矿石英脉,并有少量的白铁矿和毒砂。石英常为白 色,具油脂光泽。黄铁矿呈自形—半自形浸染状分 布于石英脉边缘和裂隙中,粒径0.1到0.6mm。

黄铜矿 - 方铅矿 - 闪锌矿阶段(II 阶段)是主 要的铅锌成矿阶段,该阶段普遍形成浸染状、块状 的铅锌矿石(图4c、d)。闪锌矿通常自形程度较高, 粒径0.1到0.5mm,与方铅矿和黄铜矿共生(图4d、 f),沿矿物颗粒边缘或内部裂隙局部交代 I 阶段黄 铁矿和毒砂(图4f)。黄铜矿常以不规则小颗粒的 形式出现在闪锌矿颗粒中,形成固溶体分离结构 (图4h)。这一阶段的石英因常呈无色—烟灰色(富 含闪锌矿和方铅矿时),具玻璃光泽。

方解石阶段(Ⅲ阶段)以大量方解石为特征,含

表1 芦子园矿集区主要矿床(点)特征

Table 1 Geological characteristics of main deposits in Luziyuan ore deposits-clustered district

矿床	含矿地层	控矿构造	矿化元素	主要围岩蚀变	主要矿石矿物	矿床类型	成矿年龄	规模
芦子园	寒武系沙河厂组 大理岩化灰岩	北东向芦子园背 斜、北东向断裂	Fe、Cu、 Pb、Zn	矽卡岩化、硅化、碳酸 盐化、绿泥石化	磁铁矿、闪锌矿、方铅 矿、黄铜矿、斑铜矿、 黄铁矿	矽卡岩型	141.9±2.6Ma (朱飞霖等, 2011)	超大型
水头山	寒武系保山组大 理岩化灰岩、砂质 板岩	北东向、北东东向 断裂	Pb、Zn	硅化、黄铁矿化、绿泥 石化、碳酸盐化	闪锌矿、方铅矿、黄铜 矿、黄铁矿、毒砂、白 铁矿	热液脉型	135.8±4.2Ma (本文)	中型
放羊山	寒武系沙河厂组 钙质板岩、灰岩	近东西向断裂	Cu 、 Pb 、Zn	硅化、碳酸盐化、绿泥 石化、萤石化	闪锌矿、方铅矿、黄铜 矿、黄铁矿	热液脉型		中型
罗家寨	寒武系沙河厂组板 岩、大理岩化灰岩	近东西向断裂	Pb、Zn	硅化、碳酸盐化、褐铁 矿化	闪锌矿、方铅矿、黄 铁矿	热液脉型		小型
枇杷水	寒武系沙河厂组 大理岩	北东向断裂	Pb、Zn	硅化、黄铁矿化、褐铁 矿化	闪锌矿、方铅矿、黄铜 矿、黄铁矿	热液脉型		小型
草坝寨	寒武系沙河厂组 大理岩	北东向断裂	Pb、Zn	硅化、黄铁矿化	闪锌矿、方铅矿、黄 铁矿	热液脉型		矿点



a. 似层状铅锌矿体; b. 脉状铅锌矿体; c. 闪锌矿呈稠密浸染状分布于石英中; d. 方铅矿、闪锌矿和黄铜矿呈浸染状、星点状分布于石英中; e. 白铁矿交代黄铁矿,毒砂呈自形粒状结构产出; f. 闪锌矿、方铅矿、黄铜矿交代早阶段形成的黄铁矿; g. 黄铜矿、方铅矿交代闪锌矿; h. 黄 铜矿呈固溶体分离结构与闪锌矿共生; i. 方铅矿交代闪锌矿形成港湾结构、孤岛结构,方铅矿中可见典型的黑三角孔; Py—黄铁矿; Sp—闪锌 矿; Gn—方铅矿; Ccp—黄铜矿; Apy—毒砂; Mrc—白铁矿; Q—石英

图 4 水头山铅锌矿床矿石组构特征

Fig. 4 Field and microscope photographs of different textures from the Shuitoushan Zn-Pb deposit

少量方铅矿和石英。方铅矿常交代 II 阶段闪锌矿 (图4i)。该阶段的方解石一般不含矿,偶与石英共 生。石英呈乳白色,通常呈块状或脉状,偶见石英 脉切穿早期形成的铅锌矿体。

3 样品与测试方法

测试 Rb-Sr 同位素的闪锌矿样品选自水头山矿 床坑道 SPD2, 为主成矿阶段(Ⅱ 阶段) 中晶形较好 的闪锌矿。前人研究指出,赋存在主矿物晶格及固 态微包体中或原生流体包裹体中的 Rb 和 Sr 能够给 出较精确的 Rb-Sr 测年结果, 而赋存于次生流体包 裹体中的 Rb 和 Sr 则会使测年结果产生偏差(刘建 明等, 1998; 李文博等, 2002)。为保证闪锌矿 Rb-Sr 同位素定年结果的可靠性,本次工作在对闪锌矿 样品开展 Rb-Sr 测年前, 先在显微镜下观察确定闪 锌矿内不发育脉石矿物目无裂隙,未受到后期流体 的破坏,然后将待测样品送至南京南太地质测试研 究所粉碎至180~380µm(40~80目),在双目镜下 挑洗出纯净的颗粒研磨至 74µm(200 目) 后用超声 波反复洗涤以消除或减少次生包裹体对测年结果 的影响,保证所测试矿物的同源性、同时性和封闭 性。称取每件单矿物样品 0.2~0.3g,单矿物粉末 样品用混合酸溶解后采用高压密闭熔样和阳离子 交换技术进行分离和提纯,在VG354型热电离多接 收同位素质谱仪上对闪锌矿的 Rb、Sr 元素含量进行 初步测试,根据测试结果,挑选出6件适合定年的闪 锌矿样品开展 Rb、Sr 同位素组成的精确测定,测定 方法详见文献(王银喜等, 2007)。测试标样采用美 国 NBS987 同位素标样(⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr = 0.710236 ± 0.000007),以⁸⁶Sr/⁸⁸Sr = 0.1194 进行标准化, Sr 的 全流程空白为(5~7)×10⁻⁹g。利用 ISOPLOT 软件 (Ludwig, 2003) 计算闪锌矿的等时线年龄, 计算过 程中⁸⁷ Rb/⁸⁶ Sr 的分析误差为±0.05%,⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr 的 分析误差为±1%,置信度为95%。

4 分析结果

Rb-Sr 同位素测试结果列于表 2。闪锌矿的 Rb 含 量为 1. 189×10⁻⁶~11. 38×10⁻⁶, Sr 含量为 3. 407×10⁻⁶ ~67. 34×10⁻⁶, ⁸⁷ Rb/⁸⁶ Sr 值为 0. 1029~3. 962, ⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr 值为 0. 710457~0. 717942。对 6 件样品(ZS-2、ZS-6、 ZS-9、ZS-10、ZS-12、ZS-15)做回归等时线,获得闪锌 矿的 Rb-Sr 等时线年龄为 135. 8±4. 2Ma, MSWD = 1. 70, 初始⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr 值为 0. 71033±0. 00013(图 6)。



图 5 水头山铅锌矿床中主要矿物生成顺序示意图 Fig. 5 Metallogenic stages and mineral paragenesis for the Shuitoushan Pb-Zn deposit



图 6 水头山矿床闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄图

Fig. 6 Rb-Sr isochron diagram of sphalerite from the Shuitoushan deposit

5 讨论

5.1 成矿时代

闪锌矿的 1/Sr-⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 图解和 1/Rb-⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 图解可以帮助识别其形成过程中⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值是 否发生变化,从而判别闪锌矿 Rb、Sr 同位素数据的 合理性(李文博等, 2002)。水头山矿床闪锌矿的 1/Sr 与⁸⁷Sr/⁸⁶Sr、1/Rb 与⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 之间均不存在线 性关系(图7),说明获取的等时线年龄合理可信。6 件测试样品在闪锌矿的 Rb-Sr 等时线年龄图中全部 落在等时线上(图6),显示了闪锌矿 Sr 同位素组成 的均一性,即闪锌矿形成过程具有良好的封闭性 (杨群等, 2018),表明本次实验获得的闪锌矿等时

表 2 水头山矿床中闪锌矿 Rb-Sr 同位素测试结果 Table 2 Rb-Sr isotope data of sphalerite from the Shuitoushan deposit

样品号	$Rb(10^{-6})$	Sr(10 ⁻⁶)	$^{87}\mathrm{Rb}/^{86}\mathrm{Sr}$	(2σ)	$^{87}\mathrm{Sr}/^{86}\mathrm{Sr}$	(2σ)	1/Rb	1/Sr
ZS-2	4. 593	7.567	1.798	0.01	0. 713901	0.00005	0. 217723	0. 132153
ZS-6	4.956	3.689	3.962	0.01	0.717942	0.00005	0. 201776	0.271076
ZS-9	11.38	67.34	0.5004	0.01	0.711278	0.00005	0. 087873	0.01485
ZS-10	8.764	26.48	0. 9815	0.01	0.712274	0.00005	0. 114103	0.037764
ZS-12	1.189	35. 25	0. 1029	0.01	0.710457	0.00005	0. 841043	0.028369
ZS-15	3.235	3.407	2.803	0.01	0.715712	0.00005	0. 309119	0. 293513



图 7 水头山矿床闪锌矿 1/Sr-⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr(a) 和 1/Rb-⁸⁷ Rb/⁸⁶ Sr(b)关系图

Fig. 7 1/Sr vs. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr diagram (a) and 1/Rb vs. ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr (b) of sphalerite from the Shuitoushan deposit

线年龄(135.8 ± 4.2Ma, MSWD = 1.70)可信, 所以 水头山铅锌矿床的成矿时代为早白垩世。

该成矿年龄与朱飞霖等(2011)获得的芦子园 矿床中闪锌矿、黄铜矿、石英和钾长石的 Rb-Sr 同位 素等时线年龄(141.9±2.6Ma)在误差范围内基本 一致,表明二者可能为同一岩浆-热液成矿事件的 产物。芦子园矿集区多金属成矿作用的形成时间 可大致限定在 142~135Ma 范围内,结合区内矿床 的规模和数量,显示出该区在早白垩世发生过较大规模的岩浆-热液多金属成矿事件。

5.2 成矿物质来源

Sr同位素初始比值(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr),是示踪成岩成 矿物质来源的重要指标(侯明兰等,2006)。为了避 免放射性⁸⁷Rb 衰变对 Sr 同位素结果造成影响,本文 将成矿时代换算至135.8Ma,利用 GeoKit 软件(路 远发,2004),计算得到水头山矿床闪锌矿的 (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr);值为0.710258~0.710430,这与Rb-Sr 等时线所给出的⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr 初始值(0.71033)基本一 致(图6)。水头山矿床闪锌矿的初始 Sr 同位素比 值与同处保山地块内的芦子园铁铅锌矿床、金厂河 铁铜铅锌矿床和核桃坪铅锌矿床的 Sr 同位素初始 比值接近(表3),且均介于大陆地壳((87 Sr/ 86 Sr);= 0.719, Palmer et al., 1989) 和地幔((⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr); = 0.704, Palmer et al., 1985)的Sr 同位素初始比值之 间(图8),暗示区内矿床的成矿物质可能为壳幔混 合来源,这一认识也与上述矿床的 Pb 同位素组成 所显示出的上地壳和地幔混合来源特征(Xu et al., 2021; Zhang et al., 2021; 陈伟, 2019; 邓明国等, 2017; 陈永清等, 2005; 高伟等, 2011; 沙建泽等, 2021;杨玉龙等,2012)相吻合。



图 8 保山地块部分金属矿床(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr);值

Fig. 8 $~(\,^{87}{\rm Sr}/^{86}{\rm Sr})_{\,i}$ values of mineral from some deposits in the Baoshan Block

	Table 3 Sr isotopic r	atio of min	erals from deposits in	the Baoshan Block	
矿床	测试矿物	数量(件)	⁸⁷ Sr⁄ ⁸⁶ Sr	$({}^{87}\mathrm{Sr}/{}^{86}\mathrm{Sr})_{i}$	来源
水头山铅锌矿床	闪锌矿	6	0. 710457 ~ 0. 717942	0. 710258 ~0. 710430	本文
芦子园铁铅锌矿床	钾长石 + 石英 + 闪锌矿 + 黄铜矿	10	0. 714571 ~0. 715408	0. 714494 ~ 0. 7145117	(朱飞霖等,2011)
金厂河铁铜铅锌矿床	石英 + 闪锌矿 + 方铅矿 + 黄铜矿	15	0. 713929 ~0. 727204	0. 713729 ~0. 714079	(黄华,2014)
核桃坪铅锌矿床	石英 + 闪锌矿 + 黄铁矿 + 黄铜矿	10	0. 711912 ~ 0. 721673	0. 711593 ~0. 711974	(陶琰等,2010)

	表	3	保山	地块	:部分	う金 属	禹矴	「床 Sr	同位	Ī素	比们	直	
G				•			•		• -			n	

.

	12 7	
Table 4	Sulfur iso	tonic compositions of sulfide from denosits in the Baoshan Block

	abie : Suitai isotopie com		at hom appoints in	
矿床	测试矿物	数量(件)	$\delta^{34} \mathrm{S}_{V\text{-}CDT}(\% \! \prime)$	来源
水头山铅锌矿床	黄铁矿 + 闪锌矿 + 方铅矿 + 黄铜矿	16	4. 1 ~ 12. 2	(邓明国等, 2017;Zhang et al., 2021)
芦子园铁铅锌矿床	闪锌矿 + 方铅矿 + 黄铜矿 + 斑铜矿	54	8.9 ~14.2	(夏庆霖等, 2005; Xu et al., 2019; Yang et al., 2019)
放羊山铜铅锌矿床	黄铁矿 + 闪锌矿 + 方铅矿 + 黄铜矿 + 磁黄铁矿	13	8. 2 ~ 14. 9	(陈伟, 2019)
金厂河铁铜铅锌矿床	黄铁矿 + 闪锌矿 + 方铅矿 + 黄铜矿	45	2. 5 ~11. 1	(黄华, 2014; 李振焕等, 2020)
核桃坪铅锌矿床	黄铁矿 + 闪锌矿 + 方铅矿 + 黄铜矿	29	3. 6 ~ 7. 1	(Chen et al., 2017)

另外,保山地块内形成于早白垩世的志本山花 岗岩体的(⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr); 值为 0.716810 (陶琰等, 2010),与上述铅锌矿床的 Sr 同位素初始比值大致 相近,暗示保山地块内这些矿床的成矿作用可能与 岩浆活动有关。矿石中硫化物的S同位素组成特征 也表明了岩浆硫的贡献,水头山铅锌矿床的 δ^{34} S 值 为4.1‰~12.2‰(邓明国等, 2017; Zhang et al., 2021),与矿集区内的芦子园铁铅锌矿床、放羊山铜 铅锌矿床,及同属保山地块的金厂河铁铜铅锌矿床 和核桃坪铅锌矿床的 δ^{34} S 值变化区间相似(表 4), 且均介于岩浆硫(δ^{34} S = -4.0‰ ~9.0‰)(Hoefs J, 1987)和寒武纪—三叠纪海水硫(δ³⁴S = 15.0‰ ~35.0‰)(Claypool et al., 1980)之间,表现出岩浆 硫和海水硫的混合来源特征。水头山铅锌矿床的 硫可能最初来源于矿集区深部的隐伏中酸性侵入 岩,在成矿过程中逐渐混入了围岩(寒武系上统保 山组)中的硫。

综上,本次研究认为水头山铅锌矿床的成矿物 质具有壳幔混合来源的特征,主要来自于深部隐伏 的中酸性侵入岩,在成矿过程中,逐渐有围岩中的 物质加入。

5.3 早白垩世构造背景与成矿作用

矿集区所处的腾冲-保山地块经历了复杂的 构造演化,杨启军等(2006)认为高黎贡花岗岩形成 于早白垩世(SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄: 126~ 118Ma),属强过铝质S型花岗岩,是中特提斯怒江 洋向南俯冲、闭合的结果;陶琰等(2010)报道了保 山地块志本山岩体的锆石 U-Pb 年龄为 126.7 ± 1.6Ma,属保山地块与腾冲地块碰撞环境下形成的 过铝质 S 型花岗岩。腾冲地块和保山地块经历的同 期岩浆活动,暗示了两者的拼合在早白垩世已经发 生,之后进入陆陆碰撞造山阶段。碰撞作用导致腾 冲-保山地壳增厚,引起地壳重熔而形成大量中酸 性岩体,志本山花岗岩体及矿集区深部的隐伏中酸 性岩体可能就是在这一时期形成的。此外,矿集区 辉绿岩脉广泛出露,反映出保山地块内部存在地 壳/岩石圈的阶段性拉张(范蔚茗等, 2003:毛景文 等,2005;陶琰等,2010),与中国东部中新生代岩 石圈加厚同时出现阶段性拉张的成矿作用相似(华 仁民等,1999; Hu et al., 2008; 胡瑞忠等, 2008)。 综上,本文认为芦子园矿集区在早白垩世的成矿事 件发生在地壳碰撞加厚与阶段性拉张的动力学背 景下,是中特提斯怒江洋闭合时期碰撞造山作用的 产物。

综合本文及前人研究资料,可将芦子园矿集区 的成矿作用过程总结如下:晚侏罗世--早白垩世, 腾冲地块与保山地块的碰撞造成地壳加厚及阶段 性剪切拉张,导致地壳重熔产生大量的岩浆活动, 形成了矿集区内的隐伏中酸性岩体,同时,保山地 块内部受到挤压、拉张,形成褶皱和断裂等构造,为 含矿流体的运移及成矿物质的沉淀和富集提供了 通道和场所。在隐伏中酸性岩演化的晚期,携带矿 质的热液从中酸性岩体中出溶,沿着构造裂隙向上 运移,成矿流体的温度压力逐渐降低,使得金属元 素在溶液中的溶解度降低,在与沙河厂组大理岩接 触部位发生砂卡岩型铁、铅锌矿化(如芦子园砂卡 岩型铁铅锌矿床)。此后,含矿热液沿着构造裂隙 向外围地层继续迁移扩散,在区内北东向和近东西 向断裂形成的有利空间发生一系列热液脉型铅锌 多金属矿化(如水头山、放羊山、罗家寨及枇杷水等 多个脉型铅锌多金属矿床),共同构成以隐伏中酸 性岩体为中心的砂卡岩 - 热液脉型多金属成矿 系统。

6 结论

(1)本次研究获得的水头山矿床主成矿阶段闪 锌矿的 Rb-Sr 等时线年龄为 135.8 ±4.2Ma,与芦子 园矿床的成矿年龄(141.9 ±2.6Ma)在误差范围内 一致,认为芦子园矿集区在早白垩世发生过较大规 模的岩浆 - 热液多金属成矿事件。

(2)水头山铅锌矿床金属硫化物的 Sr、S、Pb 同 位素特征表明其成矿物质具有壳幔混合来源的特 征,主要来源于深部隐伏中酸性侵入岩,并有部分 围岩物质加入。

(3)早白垩世时期,在腾冲地块和保山地块碰 撞造山作用影响下,芦子园矿集区深部地壳重熔产 生富含 Fe、Cu、Pb、Zn 的大量花岗质岩浆,上侵就位 形成了区内的隐伏中酸性岩体,在与沙河厂组大理 岩接触部位形成了芦子园矿床;在区内北东向和近 东西向断裂形成的有利空间中形成了水头山、放羊 山、罗家寨和枇杷水等一系列热液脉型铅锌多金属 矿床。

参考文献(References):

- Chen F, Deng J, Shu Q, et al., 2017. Geology, Fluid Inclusion and Stable Isotopes (O, S) of the Hetaoping Distal Skarn Zn-Pb Deposit, Northern Baoshan Block, SW China [J]. Ore Geology Reviews, 90: 913 – 927.
- Chen F, Li X, Wang X, et al., 2007. Zircon Age and Nd-Hf Isotopic Composition of the Yunnan Tethyan Belt, Southwestern China[J]. International Journal of Earth Sciences, 96(6): 1179-1194.
- Christensen J N, Halliday A N, Vearncombe J R, et al., 1995. Testing Models of Large-Scale Crustal Fluid Flow Using Direct Dating of Sulfides; Rb-Sr Evidence for Early Dewatering and Formation of Mississippi Valley-Type Deposits, Canning Basin, Australia [J]. Economic geology and the bulletin of the Society of Economic Geologists, 90(4): 877 – 884.
- Claypool G E, Holser W T, Kaplan I R, et al., 1980. The Age Curves of Sulfur and Oxygen Isotopes in Marine Sulfate and their Mutual Interpretation [J]. Chemical Geology, 28: 199 – 260.
- Deng J, Wang Q, Li G, et al., 2014a. Tethys Tectonic Evolution and its Bearing On the Distribution of Important Mineral Deposits in the Sanjiang Region, SW China[J]. Gondwana Research, 26(2): 419 -437.
- Deng J, Wang Q, Li G, et al., 2014b. Cenozoic Tectono-Magmatic and Metallogenic Processes in the Sanjiang Region, Southwestern China [J]. Earth-Science Reviews, 138: 268 – 299.
- Dong M, Dong G, Mo X, et al., 2013. Geochemistry, Zircon U-Pb Geochronology and Hf Isotopes of Granites in the Baoshan Block, Western Yunnan: Implications for Early Paleozoic Evolution Along the Gondwana Margin[J]. Lithos, 179: 36-47.
- Hoefs J S, 1987. Stable Isotope Geochemistry 3rd ed [M]. Berlin, Germany: Spring verlag: 1-250.
- Hu R, Bi X, Zhou M, et al., 2008. Uranium Metallogenesis in South China and its Relationship to Crustal Extension During the Cretaceous to Tertiary[J]. Economic geology and the bulletin of the Society of Economic Geologists, 103(3): 583 – 598.
- Li G, Deng J, Wang Q, et al., 2015. Metallogenic Model for the Laochang Pb-Zn-Ag-Cu Volcanogenic Massive Sulfide Deposit Related to a Paleo-Tethys OIB-like Volcanic Center, SW China[J]. Ore Geology Reviews, 70: 578 – 594.
- Liang S, Jiao Y, Guo J, 2015. Prediction of Hidden Granites in the Luziyuan Area of Yunnan Province and the Prospecting Direction [J]. Acta Geologica Sinica-English Edition, 89(5): 1781-1782.
- Liao S Y, Wang D, Tang Y, et al., 2015. Late Paleozoic Woniusi Basaltic Province From Sibumasu Terrane: Implications for the Breakup of Eastern Gondwana'S Northern Margin [J]. Geological Society of America Bulletin, 127(9-10): 1313-1330.
- Liu S, Hu R, Gao S, et al., 2009. U-Pb Zircon, Geochemical and Sr-Nd-Hf Isotopic Constraints On the Age and Origin of Early Palaeozoic I-type Granite From the Tengchong-Baoshan Block, Western Yunnan Province, SW China [J]. Journal of Asian Earth

131

Sciences, 36(2): 168 - 182.

- LiuW, Zhang X, Zhang J, et al., 2018. Sphalerite Rb-Sr Dating and in situ Sulfur Isotope Analysis of the Daliangzi Lead-Zinc Deposit in Sichuan Province, SW China[J]. Journal of Earth Science, 29(3): 573 – 586.
- Ludwig K R, 2003. Isoplot 3. 00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [J]. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 4:70.
- Nakai S, Halliday A N, Kesler S E, et al., 1990. Rb-Sr Dating of Sphalerites From Tennessee and the Genesis of Mississippi Valley Type Ore Deposits[J]. Nature (London), 346(6282): 354-357.
- Palmer M R, Edmond J M, 1989. The Strontium Isotope Budget of the Modern Ocean [J]. Earth & Planetary Science Letters, 92(1): 11 -26.
- Palmer M R, Elderfield H, 1985. Sr Isotope Composition of Sea Water Over the Past 75 Myr[J]. Nature (London), 314(6011): 526 -528.
- Wang Q, Deng J, Li C, et al., 2014. The Boundary Between the Simao and Yangtze Blocks and their Locations in Gondwana and Rodinia: Constraints From Detrital and Inherited Zircons [J]. Gondwana Research, 26(2): 438-448.
- Xu L, Luo C, Wen H, et al., 2021. Lithium and Chlorine Isotopic Constraints On Fluid Sources and Evolution at the Luziyuan Distal Skarn Zn-Pb-Fe-(Cu) Deposit, Western Yunnan Province, China [J]. Ore Geology Reviews, 133: 104057.
- Xu R, Deng M, Li W, et al., 2021. Origin of the Giant Luziyuan Zn-Pb-Fe(-Cu) Distal Skarn Deposit, Baoshan Block, SE Tibet: Constraints From Pb-Sr Isotopes, Calcite C-O Isotopes, Trace Elements and Sm-Nd Dating[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 205; 104587.
- Xu R, Li W, Deng M, et al., 2019. Genesis of the Superlarge Luziyuan Zn-Pb-Fe(-Cu) Distal Skarn Deposit in Western Yunnan (SW China): Insights From Ore Geology and C-H-O-S Isotopes[J]. Ore Geology Reviews, 107: 944 – 959.
- Yang Y, Ye L, Bao T, et al., 2019. Mineralization of Luziyuan Pb-Zn Skarn Deposit, Baoshan, Yunnan Province, SW China: Evidence From Petrography, Fluid Inclusions and Stable Isotopes [J]. Geological Magazine, 156(4): 639-658.
- Ye L, Gao W, Cheng Z, et al., 2010. LA-ICP-MS Zircon U-Pb Geochronology and Petrology of the Muchang Alkali Granite, Zhenkang County, Western Yunnan Province, China [J]. Acta Geologica Sinica-English Edition, 84(6): 1488 - 1499.
- Zhang C Y, Li W C, Yu H J, et al., 2021. Genesis of the Shuitoushan Pb-Zn Deposit, Baoshan Block, Sanjiang Region: Constraints From Fluid Inclusions and O, S, Pb Isotopes [J]. Geological journal, 56 (3): 1464 – 1477.
- 陈伟. 2019. 滇西镇康放羊山 Cu-Pb-Zn 多金属矿床成矿流体和矿质 来源研究[D]. 昆明:昆明理工大学: 75.
- 陈永清,卢映祥,夏庆霖,等,2005. 云南保山核桃坪铅锌矿床地球化 学特征及其成矿模式与找矿模型[J]. 中国地质,32(1):90 -99.
- 陈俞宏,甘甜,管申进,等,2020. 滇西水头山岩浆热液铅锌矿床:来

自 REE 和 C-O 同位素的证据[J/OL]. 中国地质: 1-24. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.p.20200602.0925.002. html.

- 陈元坤,杨功,李开毕,等,2016. 云南省重力磁测地质应用研究 [M]. 北京:地质出版社:380.
- 邓明国,陈伟,王学武,等,2018. 滇西芦子园远程砂卡岩 Pb-Zn-Fe (Cu)多金属矿床流体包裹体初探及矿床成因探讨[J]. 岩石学 报,34(5):1239-1257.
- 邓明国,赵剑星,刘凤祥,等,2017. 滇西镇康水头山 Pb-Zn 矿床成矿 流体及矿质来源探讨——H、O、S、Pb 同位素地球化学证据[J]. 岩石学报,33(7):2001-2017.
- 范蔚茗,王岳军,郭锋,等,2003. 湘赣地区中生代镁铁质岩浆作用与 岩石圈伸展[J]. 地学前缘,10(3):159-169.
- 高伟,叶霖,程增涛,等,2011. 云南保山核桃坪铅锌矿床同位素地球 化学特征[J]. 矿物学报,31(3):578-586.
- 高志武,苏岩,李余华,等,2021. 滇西镇康放羊山 Cu-Pb-Zn 多金属 矿床矿物稀土元素地球化学特征及意义[J]. 矿物学报,41 (1):45-56.
- 侯明兰,蒋少涌,姜耀辉,等,2006. 胶东蓬莱金成矿区的 S-Pb 同位 素地球化学和 Rb-Sr 同位素年代学研究[J]. 岩石学报(10): 2525-2533.
- 胡瑞忠,毛景文,毕献武,等,2008. 浅谈大陆动力学与成矿关系研究的若干发展趋势[J]. 地球化学(4):344-352.
- 华仁民,毛景文,1999. 试论中国东部中生代成矿大爆发[J]. 矿床 地质(4): 300-307.
- 蒋成兴,卢映祥,陈永清,等,2013. 滇西南芦子园超大型铅锌多金属 矿床成矿模式与综合找矿模型[J]. 地质通报,32(11):1832 -1844.
- 李文博,黄智龙,许德如,等,2002. 铅锌矿床 Rb-Sr 定年研究综述 [J]. 大地构造与成矿学,26(4):436-441.
- 李振焕,李文昌,刘学龙,等,2020. 滇西保山地块金厂河铁铜铅锌多 金属矿床硫铅同位素特征与成矿物质来源示踪[J]. 地质通报, 39(4):552-562.
- 梁生贤,2018. 互相关系数自约束的重力三维反演与高效求解[J]. 吉林大学学报(地球科学版),48(5):1473-1482.
- 刘建明,赵善仁,沈洁,等,1998. 成矿流体活动的同位素定年方法评述[J]. 地球物理学进展(3):47-56.
- 卢映祥,2011.保山-镇康陆块铅锌铜铁叠加成矿作用与区域找矿 模型[C]//新观点新学说学术沙龙文集55:板块汇聚、地幔柱 对云南区域成矿作用的重大影响:87-92+113-114.
- 路远发,2004. GeoKit: 一个用 VBA 构建的地球化学工具软件包[J]. 地球化学,33(5):459-464.
- 毛景文,谢桂青,李晓峰,等,2005.大陆动力学演化与成矿研究:历 史与现状——兼论华南地区在地质历史演化期间大陆增生与 成矿作用[J]. 矿床地质(3):193-205.
- 莫宣学,潘桂棠,2006. 从特提斯到青藏高原形成:构造 岩浆事件 的约束[J]. 地学前缘(6):43-51.
- 聂飞,董国臣,莫宣学,等,2012. 滇西昌宁-孟连带三叠纪花岗岩地 球化学、年代学及其意义[J]. 岩石学报,28(5):1465-1476.
- 沙建泽,邓明国,吴清华,等,2021. 滇西镇康县放羊山铜铅锌矿床成 矿流体及矿质来源探讨[J]. 地质与勘探,57(4):865-878.
- 陶琰,胡瑞忠,朱飞霖,等,2010. 云南保山核桃坪铅锌矿成矿年龄及 动力学背景分析[J]. 岩石学报,26(6):1760-1772.
- 王生伟,金灿海,张玙,等,2018.贵州五指山特大型铅锌矿床闪锌矿 的 Rb-Sr 定年及其地质意义[J]. 沉积与特提斯地质,38(3):

77 - 87.

- 王兴阵,陶琰,马言胜,2006. 壳幔混合及花岗质岩浆的形成[J]. 矿 物岩石地球化学通报(2):183-188.
- 王银喜,顾连兴,张遵忠,等,2007. 东天山晚石炭世大石头群流纹岩 Sr-Nd-Pb 同位素地球化学研究[J]. 岩石学报(7): 1749 - 1755.
- 吾守艾力・肉孜,梁生贤,邹光富,等,2015. Amt 与重力方法在云南 芦子园地区隐伏岩体勘查中的应用[J]. 物探与化探(3):525 -529.
- 夏庆霖,陈永清,卢映祥,等,2005. 云南芦子园铅锌矿床地球化学、 流体包裹体及稳定同位素特征[J]. 地球科学(2):177-186.
- 杨启军,徐义刚,黄小龙,等,2006. 高黎贡构造带花岗岩的年代学和 地球化学及其构造意义[J]. 岩石学报(4):817-834.
- 杨群,任云生,孙振明,等,2018. 延边天宝山矿集区晚古生代岩浆-热液成矿的年代学证据——以新兴铅锌(银)矿床为例[J]. 岩

石学报,34(10):3153-3166.

- 杨淑胜,卢映祥,蒋成兴,等,2015. 云南镇康县芦子园铅锌铁多金属 矿地质特征及找矿方向[J]. 矿物学报,35(S1):449.
- 杨玉龙,叶霖,程增涛,等,2012. 保山镇康地块砂卡岩型铅锌矿床成 因初探[J]. 岩石矿物学杂志(4):554-564.
- 余海军,李文昌,2015. 滇西镇康芦子园铅锌铁矿成矿物质来源[J]. 矿物学报(S1):451.
- 张传昱,杨淑胜,沙建泽,等,2017. 滇西芦子园铅锌多金属矿集区成 矿系统初探[C]//云南省首届青年地质科技论坛优秀学术论文 集:170-175.
- 赵志芳,卢映祥,谢蕴宏,等,2002. 镇康芦子园地区遥感和 Gis 成矿 预测示范研究[J]. 云南地质, 21(3): 300 - 307.
- 朱飞霖,陶琰,胡瑞忠,等,2011. 云南镇康芦子园铅-锌矿的成矿年 龄[J]. 矿物岩石地球化学通报(1):73-79.

责任编辑:黄春梅

《沉积与特提斯地质》2023 年度专辑/专栏选题征集启事

为进一步推进沉积地质学与特提斯地质的发展,为增进相关领域专家学者相互之间的交流学习,为便 于读者能迅速把握沉积地质学、特提斯地质研究领域及其相关学科的研究现状和进展,全面了解其最新的 研究动态与热点问题,《沉积与特提斯地质》现诚意向国内外专家、中青年学者广泛征集《沉积与特提斯地质》 2023 年度专辑/专栏选题信息。

希望专家学者、各界人士踊跃参加,围绕目前沉积与特提斯地质领域中广为关注的重大地质问题和热 点难点科学问题,提出自己的专辑/专栏选题建议。《沉积与特提斯地质》编委会将对征集到的专辑/专栏选 题信息进行筛选和整理,组织形成2023年度专辑/专栏。

有意向提交专辑/专栏选题信息的专家学者、各界人士,请致函《沉积与特提斯地质》或发邮件至 cdgeo @163.com,提交 2023 年度的《沉积与特提斯地质》专辑/专栏选题申请书。专辑/专栏申请书提交截止时间 2022 年 3 月 31 日,投稿启动时间 2022 年 6 月 1 日,出版时间 2023 年。

专辑/专栏选题申请书应涵盖:

专辑/专栏选题名称、征集论文研究范围、选题方向的国内外研究现状;

拟邀稿主要专家、邀稿可行性和自投稿情况评估;

文章标题和作者名单;

发起人简介、发起人研究经历;

发起人认为重要的其它信息。

期刊专辑文章数量约12-15篇,专栏文章数量至少5篇以上。

对筛选通过的选题及发起人,《沉积与特提斯地质》将邀请发起人作为客座编辑,及专辑/专栏的重要评 审专家,协同组织专辑/专栏的出版和宣传。

> 《沉积与特提斯地质》编辑部 2022 年 2 月 21 日 E-mail;cdgeo@163.com