

湘西黔东地区铅锌矿床与古油藏关系初探

刘劲松¹, 邹先武¹, 汤朝阳¹, 崔森^{1,2}, 夏杰^{1,3}, 甘金木¹, 赵武强¹, 金世超^{1,2}

(1. 武汉地质矿产研究所, 武汉 430205; 2. 中国地质大学研究生院, 武汉 430074; 3. 成都理工大学, 成都 610059)

摘要: 本文以湖南花垣铅锌矿床和贵州牛角塘铅锌矿床为例, 探讨了湘西黔东地区铅锌矿与古油藏的关系。二者在空间分布上关系密切, 存在“共生”和“上油下矿”两种关系, 下寒武统清虚洞组既是铅锌矿重要的赋矿层位也是古油藏储集层之一; 铅锌矿源层可能为新元古代基底岩系或下寒武统石牌组碎屑岩, 古油藏烃源岩主要为下寒武统牛蹄塘组。古油藏中的油田卤水萃取了石牌组碎屑岩中的铅锌等成矿物质, 形成成矿流体并运移, 在古油藏形成后, 由于加里东末期的构造运动的影响, 古油藏和成矿流体的平衡被打破导致铅锌矿质沉淀, 在这个过程中古油藏中的油田卤水可能为铅锌矿的沉淀提供了部分硫源。铅锌矿成矿时代与加里东期形成或破坏的古油藏时间上较为一致。

关键词: 铅锌矿; 古油藏; 成因联系; 湘西黔东

中图分类号: P618.42, P618.43

文献标志码: A

有机质与金属成矿的关系从上世纪九十年代起就一直是研究的热点问题之一^[1-3], 我国学者对二者的关系也做了大量的探索工作^[4-9], 金属矿床中的有机质尤其是固体沥青可以用来指导金属找矿工作^[10]。湘西黔东地区是我国重要的铅锌多金属矿集区, 矿床中普遍可见共生的固体沥青, 在该地区下古生界地层中分布有大量的古油藏, 其中包括大型的麻江古油藏, 前人对该区铅锌矿床^[8-11]和古油藏^[12-17]做了较多的研究工作, 但总体来看对于二者的关系论述的较少, 且存在不同的认识: 一种认为铅锌矿与古油藏的关系不密切^[18-19], 另一种认为二者存在较为密切的关系^[11,20]。弄清楚二者的关系, 不仅有助于铅锌矿成因的认识, 而且有利于指导铅锌的找矿勘探工作。本文以花垣铅锌矿床和都匀牛角塘铅锌矿床为例, 综合前人的研究成果, 从该区铅锌矿与古油藏的分布特征、铅锌矿源层与古油藏烃源岩、铅锌成矿时代与古油藏形成及破坏时间等方面来探讨该地区铅锌矿与古油藏的关系, 试图为有机质与金属成矿的关系提供一个范例。

1 湘西黔东地区铅锌矿与古油藏的分布

湘西黔东地区铅锌矿床和古油藏位于上扬子地块东南缘, 雪峰隆起西缘, 矿床中普遍可见共生的固体沥青, 它们有些是沉积作用过程中形成, 有些是古油藏破坏后的产物, 大部分属于后生-储层沥青, 部分铅锌矿床的分布与古油藏的分布具有较好的吻合关系(图1)。铅锌矿床主要分布在湖南花垣-贵州都匀一带, 如花垣铅锌矿床、都匀牛角塘铅锌矿床以及一系列的矿点, 该区主要分布有麻江古油藏、丹寨古油藏和铜仁-万山古油藏, 其中都匀牛角塘铅锌矿床与麻江古油藏一部分重叠。

花垣铅锌矿床主要赋存于下寒武统清虚洞组藻灰岩, 藻灰岩中溶蚀孔洞发育, 其中充填大量固体沥青和闪锌矿; 此外, 在清虚洞组的构造裂隙中也可见固体沥青分布, 这些现象说明该区存在古油藏, 刘文均等^[20]认为花垣铅锌矿床中普遍存在的沥青、液态-气态烃包裹体以及黑色萤石的发现是古油藏存在的直接证据。从闪锌矿与固体沥青的产状特征来看, 固体沥青主要分布在闪锌矿的周围, 具有后生特征, 说明固体沥青的形成不晚于闪锌矿的形成。都匀牛角塘铅锌矿位于麻江古油藏分布范围内, 铅锌矿主要赋存在下寒武统清虚洞

收稿日期: 2012-03-22; 修回日期: 2012-05-08

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(1212010981042)资助
作者简介: 刘劲松(1982—), 男, 硕士, 研究实习员, 从事矿产地质调查与研究工作, E-mail: pine20083@163.com.

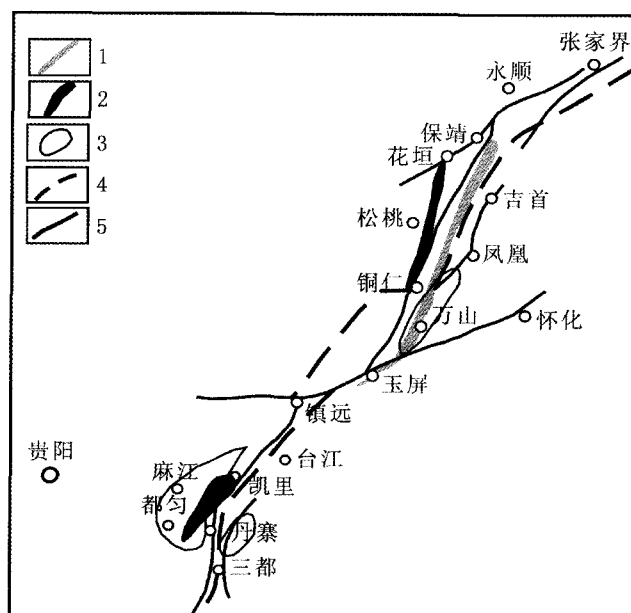


图1 湘西黔东地区下古生界矿化与古油藏分布略图(据王华云等^[18],略有改动)

Fig.1 Sketch map showing distribution of mineralization and paleo-oil reservoir of the Lower Paleozoic in western Hunan and eastern Guizhou Province

1-汞矿带;2-铅锌矿带;3-古油藏;4-扬子地块南西边界;5-断层

组的藻类白云岩中,大量沥青有机质主要分布在清虚洞组含藻白云岩孔隙或硫化物与白云石间隙,叶霖等^[11]认为这些固体沥青是古油藏破坏后的残留物,而麻江古油藏中的固体沥青作为古油藏破坏的产物主要分布在奥陶系红花园组灰岩和志留系砂岩中。

2 铅锌矿源层与古油藏烃源岩

2.1 花垣铅锌矿源层与有机质来源

对于湘西黔东地区铅锌矿床的金属物质来源的认识分歧较大,主要有清虚洞组地层本身^[21-22]和石牌组或其以下地层等观点^[9, 23]。我们对花垣铅锌矿床外围嗅脑铅锌矿区南华系-中寒武统高台组地层剖面进行了测量,对Pb、Zn等成矿元素含量作了分析(表1)。由表1可以看到南华系马底驿组、五强溪组和大塘坡组中Pb、Zn含量都较高,均高于克拉克值^[24];古城组Pb含量较高,Zn含量较低;南沱组Pb、Zn含量略高于克拉克值;震旦系陡山沱组(底部)和寒武系高台组Pb含量与克拉克值相当,Zn含量较低;震旦-寒武系灯影组Pb、Zn含量都较低;寒武系牛蹄塘组地层Pb含量都高于克拉克值,

Zn含量均值低于克拉克值,底部有两个样品Zn含量异常,含量分别为 120×10^{-6} 、 160×10^{-6} ,顶部Zn含量较高。矿区外围寒武系清虚洞组下段Pb含量略高于克拉克值,Zn含量较低,上段Pb、Zn含量都很低,仅有一个样品Zn含量达到 600×10^{-6} ,其岩性为砾屑灰岩。总的来看,碎屑岩中的Pb、Zn含量要高于碳酸盐岩地层,尤其是南华系马底驿组、五强溪组、大塘坡组上部的碎屑岩和下寒武统石牌组碎屑岩Pb、Zn含量较高,可能为花垣地区铅锌矿源层,而铅锌矿中的硫一般认为是来自容矿地层的硫酸盐^[9, 25]。铅锌矿中的沥青可能主要来源于清虚洞组中的泥质灰岩层^[26]。

由此可见,花垣铅锌矿源层和古油藏烃源岩差别较大,铅锌可能来源于基底岩系、南华系大塘坡组上部的碎屑岩或下寒武统石牌组碎屑岩,硫源为碳酸盐岩中的硫酸盐,古油藏中的沥青可能主要来源于清虚洞组主岩中的泥质灰岩层。

2.2 牛角塘铅锌矿源层与古油藏烃源岩

王华云等^[18]根据铅同位素特征,认为贵州丹寨、三都、都匀地区铅锌矿床的金属物质来源于下寒武统(主要是石牌组)的碎屑岩和下江群浅变质岩,硫可能主要(或部分)来自于古油藏;叶霖等^[10]

表1 黔东嗅脑铅锌矿区地层铅、锌成矿元素含量($\times 10^{-6}$)

Table 1 Values of Pb, Zn elements in the strata of Xiunao Pb-Zn deposit in eastern Guizhou Province

地层	Pb 含量范围	平均值	Zn 含量范围	平均值	样品数(个)
Nh _{1m}	8.04-35.6	20	80.5-156	113.15	11
Nh _{1w}	7.58-57.7	18.87	65.5-137	103.85	11
Nh _{1g}	36-39.6	37.8	27.7-69.5	48.6	2
Nh _{1d}	13.6-28.6	22.87	79.4-144	109.53	4
Nh _{2n}	9.99-30.3	17.94	56.7-138	97.24	5
Z _{1d} (底)	11.4	11.4	52.5	52.5	1
Z ₂ Є _{1d}	4.46-7.43	5.95	53.8-73.6	63.7	2
Є _{1n}	15.3-89.1	36.32	30-159	71.9	20
Є _{1s} [^]	1.84-62	32.26	82.5-134	108.4	8
Є _{1q} ¹	1.85-28.6	14.32	12.8-82.9	34.45	18
Є _{1q} ²	3.61-12	7.55	10.1-56.2	26.35	16
Є _{2g}	5.49-17.6	12.1	22.3-130	48.13	8
克拉克值*	12		94		

注:原始数据由中南矿产资源监督检测中心分析; * 据黎彤等^[24]; Nh_{1m}-青白口系马底驿组, Nh_{1w}-南华系五强溪组, Nh_{1g}-南华系古城组, Nh_{1d}-南华系大塘坡组, Nh_{2n}-南华系南沱组, Z_{1d}-震旦系陡山沱组, Z₂Є_{1d}-震旦-寒武系灯影组, Є_{1n}-寒武系牛蹄塘组, Є_{1s}[^]-寒武系石牌组, Є_{1q}¹-寒武系清虚洞组下段, Є_{1q}²-寒武系清虚洞组上段, Є_{2g}-寒武系高台组

对牛角塘铅锌矿铅和硫同位素研究认为,成矿物质主要源于赋矿层位下伏地层乌训组(即石牌组),硫主要来源于寒武系地层硫酸盐或油田卤水。可见,牛角塘铅锌矿成矿物质可能主要来自基底或下寒武统石牌组碎屑岩,而硫可能源自地层硫酸盐或古油藏中的油田卤水。在黔东地区对于麻江古油藏的研究较为详细,且牛角塘铅锌矿位于该古油藏分布范围内,该区主要存在三套烃源岩,即下震旦统扎拉沟组、下寒武统牛蹄塘组和下志留统龙马溪组,一般认为该古油藏的烃源岩为牛蹄塘组^[13,15],但也存在下寒武统与下志留统双源供烃的证据^[14,27]。综合前人研究成果,牛角塘铅锌矿的成矿物质可能来自基底或下寒武统石牌组碎屑岩,而古油藏的烃源岩可能为有机质含量较高的下寒武统牛蹄塘组黑色岩系,下志留统龙马溪组也可能参与供烃。

通过花垣铅锌矿床和都匀牛角塘铅锌矿床的成矿物质来源以及与之有关的古油藏的烃源岩的分析对比可知,湘西黔东地区铅锌矿源层与古油藏烃源岩不同,可能为新元古代基底岩系或下寒武统石牌组碎屑岩,铅锌矿中的硫既可能来源于容矿地层中的硫酸盐也可能来源于古油藏中的油田卤水。尽管这两个典型矿床中的有机质来源有所差

别,但是结合湘黔地区的震旦系及下古生界古油藏的来源多认为与下寒武统牛蹄塘组黑色岩系有关,且其是花垣铅锌矿区包体的气态烃的重要来源^[20],并不能排除花垣地区存在来源于牛蹄塘组的古油气藏,我们认为湘西黔东地区的古油藏主要来源于下寒武统牛蹄塘组。

3 铅锌矿成矿时代与古油藏形成及破坏时间

王华云^[8]根据铅同位素研究认为黔东铅锌成矿带形成在加里东期,花垣鱼塘铅锌矿成矿年龄为 439 ~ 529 Ma,都匀牛角塘铅锌矿为 466~506 Ma;叶霖等^[10]通过对牛角塘铅锌矿同位素研究认为其成矿年龄在 433 ~ 510 Ma,即加里东运动的中晚期;由此可见,湘西黔东地区铅锌矿可能在加里东中晚期形成。

湘西黔东地区对于与牛角塘有关的麻江古油藏形成和破坏研究的较为详细,一般认为寒武系烃源岩在晚寒武世进入生烃门限,在奥陶世末进入生排烃高峰期^[13],在加里东期晚期成藏^[12];由于加里东运动导致油藏抬升和剥蚀导致破坏,在后期的构造

运动中破坏作用得到了加强^[12-13]。尽管存在印支期或印支-燕山早期成藏和燕山晚期或燕山晚期-喜马拉雅早期破坏的观点^[16,17,28],我们认为与铅锌矿有关的古油藏的形成和破坏主要在加里东期,刘劲松等^[29]根据野外地质特征、岩相观察以及矿物包裹体的分析提供了加里东期形成和破坏的古油藏的新证据。由于研究对象以及所采用的研究方法的差别,不同学者对于麻江古油藏的形成和破坏时间得出的结论不尽相同,综合前人的研究成果来看,麻江古油藏可能具有多来源、多期次成藏和多期次被破坏的特点,尽管如此,铅锌成矿时代与加里东期成或破坏的古油藏成藏在时间上较为一致。

4 讨论与结论

(1) 铅锌矿与古油藏空间分布关系密切。

二者存在“共生”和“上油下矿”两种关系。下寒武统清虚洞组既是铅锌矿的富矿层位也是古油藏的储集层之一,二者在溶蚀孔洞或构造裂隙中密切共生,在湘西花垣地区尤为普遍;而在黔东地区古油藏储集层除下寒武统清虚洞组外,在其上的下奥陶统红花园组灰岩和下志留统碎屑岩也是重要的储集层,在清虚洞组藻类白云岩中铅锌矿和古油藏固体沥青共生,而在下奥陶统灰岩和志留系碎屑岩中少见铅锌矿分布,胡煜昭等^[19]认为,都匀牛角塘铅锌矿与古油藏在垂向上为“上油下矿”的关系,牛角塘铅锌矿与麻江古油藏分布在古油水界面附近,即古油藏储集层位于古油水界面之上,金属矿床位于古油水界面之下;我们认为,在黔东地区,二者存在“共生”和“上油下矿”两种关系。

(2) 古油藏中的油田卤水可能萃取了地层中的Pb、Zn成矿物质,并成为成矿物质迁移的载体。

通过前面分析可知,虽然铅锌矿的成矿物质来源与古油藏的烃源岩不同,但是沥青中高含量的成矿元素以及牛角塘铅锌矿发现大量有机包裹体,且成矿流体组分与油田卤水相似^[30],说明古油藏中的油田卤水在形成过程中可能携带了金属成矿物质。寒武系牛蹄塘组烃源岩在晚寒武世进入生烃门限,在晚奥陶世末达到生排烃高峰期,同时由于沉积压实作用,地层中的建造水排出,与烃类混溶伴生并运移,运移方式可能有两种,开始主要垂向向上运移,在这个过程中可能萃取了下寒武统石牌组中的部分Pb、Zn等成矿元素,随着大量的烃类物质和建

造水的聚集,在盆地的沉积压实作用和热动力条件下向盆地边缘横向运移,萃取了下寒武统石牌组中大量的Pb、Zn等成矿元素,形成成矿流体并运移,但是烃类物质由于浮力作用在没有遮挡层的影响下始终向上运移,占据“有利位置”进入圈闭构造形成油气藏。如在花垣地区,清虚洞组早藻灰岩溶蚀孔洞及裂隙发育,为成矿物质的沉淀和油气的聚集提供了空间,高台组白云质泥岩既是成矿流体的屏蔽层也是油气藏的盖层,加上麻栗场断裂的西侧的背斜部位,形成构造-岩性圈闭,有利于油田卤水(成矿流体)和油气藏的聚集。

(3) Pb、Zn成矿物质的沉淀可能与加里东期破坏的古油藏有关。

铅锌矿的成矿时代与加里东期形成或破坏的油藏时间上的一致性,结合二者的空间分布关系等方面,说明二者的形成不是偶然的,二者的关系可能存在两种情况:一是古油藏中携带矿质的油田卤水(成矿流体)在运移过程中或古油藏形成之后,由于物理化学条件改变打破了流体的平衡使得矿质沉淀,即铅锌矿的形成与古油藏的形成或破坏有关;二是已经形成的古油藏由于遇到较高温度的成矿流体的活动遭到破坏导致矿质沉淀。我们认为第二种情况可能性较小,首先,黔东地区存在“上油下矿”的现象,古油藏的储层层位高,受到下部成矿流体的影响可能性较小,其次,在下寒武统清虚洞组储层和下奥陶统红花园组储层中的沥青的反射率分别在3%和3.5%左右^[18],反映其经历的温度与铅锌矿成矿温度较为一致,另外,从成矿流体与油田卤水的相似性等方面都说明第一种可能是最大的。由于加里东运动的影响,在湘西黔东地区清虚洞组中的古油藏和成矿流体的平衡被打破,如温度、压力等,同时之前古油藏和成矿流体的氧化还原环境可能发生转变,各种有机官能团、成矿流体的成分、酸碱度等均可能发生改变,正是由于古油藏与成矿流体之间的平衡被打破导致了铅锌成矿物质的沉淀,在这个过程中,古油藏中的油田卤水可能给铅锌的沉淀提供了部分硫源。

本文得益于段其发教授级高工的启发,并在成文后得到宝贵的意见和建议,同时在与王磊博士的讨论中得到有益的建议,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] Anderson G M. Organic maturation and Ore precipitation in Southeast Missouri [J]. Economic Geology, 1991, 86 (5): 909-926.
- [2] Monson B, Parnell J. Metal-organic relationships from the Irish Carboniferous [J]. Chemical Geology, 1992, 99 (1-3): 125-137.
- [3] Hulen J B, Collister J W. The oil-bearing, carlin-type gold deposits of Yankee Basin, Alligator Ridge District, Nevada [J]. Economic Geology, 1999, 94(7):1029-1050.
- [4] 卢家烂, 庄汉平, 刘文均. 有机质在层控铅锌矿床中作用的实验研究[J]. 沉积学报, 1997, 15(2):226-231.
- [5] Li Z L, Guo H Z, Lei L H. Organic geochemistry of lead-zinc polymetallic deposits, northern Guangdong[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1997, 16(4):330-335.
- [6] 庄汉平, 卢家烂, 傅家谟. 原油作为金运移的载体: 可能的岩石学和地球化学证据[J]. 中国科学(D辑), 1998, 28(6): 552-558.
- [7] Mossman D J. Carbonaceous substances in mineral deposits: implications for geochemical exploration [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1999, 66(1-2):241-247.
- [8] 王华云. 贵州铅锌矿的地球化学特征 [J]. 贵州地质, 1993, 10(4):272-290.
- [9] 王华云. 黔东铅锌矿的成矿规律及成矿模式[J]. 贵州地质, 1996, 13(1):7-23.
- [10] 叶霖, 潘自平, 李朝阳, 等. 贵州都匀牛角塘富镉锌矿同位素地球化学研究[J]. 矿物岩石, 2005, 25(2):70-74.
- [11] 叶霖, 李朝阳, 刘铁庚, 等. 贵州都匀牛角塘富镉锌矿床成矿流体来源[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006, 25(增刊1): 138-140.
- [12] 韩世庆, 王守德, 胡惟元. 黔东麻江古油藏的发现及其地质意义[J]. 石油实验地质, 1982, 3(3-4):316-326.
- [13] 韩世庆, 王守德. 黔东南部下古生界石油生成及演变阶段的探讨[J]. 石油实验地质, 1983, 5(1):3-7.
- [14] 武蔚文. 贵州东部若干古油藏的形成和破坏[J]. 贵州地质, 1989, 6(1):9-22.
- [15] 张渠, 腾格尔, 张志荣, 等. 凯里-麻江地区油苗与固体沥青的油苗分析[J]. 地质学报, 2007, 81 (8):1118-1124.
- [16] 向才富, 汤良杰, 李儒峰, 等. 叠合盆地幕式流体活动: 麻江古油藏露头与流体包裹体证据[J]. 中国科学, 2008, 38(增刊1):70-77.
- [17] 陈玲, 马昌前, 凌文黎, 等. 中国南方存在印支期的油气藏—Re-Os同位素体系的制约[J]. 地质科技情报, 2010, 29 (2):95-99.
- [18] 王华云, 施继锡. 贵州丹寨、三都、都匀地区低温成矿系列的成矿物质来源和分异条件 [J]. 矿物学报, 1997, 17(4): 491-500.
- [19] 胡煜昭, 韩润生, 毛小贤. 黔东地区下古生界地层中金属成矿与油气成藏的关系 [J]. 地质与勘探, 2007, 43(5): 51-56.
- [20] 刘文均, 郑荣才. 花垣铅锌矿床包裹体气相组份研究—MVT矿床有机成矿作用研究(II)[J]. 沉积学报, 1999, 17(4): 608-614.
- [21] 刘文均. 湘黔断裂带的演化及其成矿作用特点[J]. 地质论评, 1985, 31(3):224-231.
- [22] 夏新阶, 舒见闻, 李梅. 铅锌矿床地质特征及其成因[J]. 大地构造与成矿. 1995, 19(3):197-204.
- [23] 杨绍祥, 牢可通. 湘西北铅锌矿床的地质特征及找矿标志 [J]. 2007, 26(6):899-908.
- [24] 黎彤, 倪守斌. 地球和地壳的化学元素丰度[M]. 北京: 地质出版社, 1990, 136.
- [25] 罗卫, 尹展, 孔令, 等. 花垣李梅铅锌矿集区地质特征及矿床成因探讨[J]. 地质调查与研究, 2009, 33(3):194-202.
- [26] 刘文均, 郑荣才, 李元林, 等. 花垣铅锌矿床中沥青的初步研究—MVT铅锌矿床有机地化研究 (I)[J]. 沉积学报, 1999, 17(1):19-23.
- [27] 邱蕴玉, 徐濂. 扬子准地台南缘下古生界油源研究及地化指标初探 [M]. // 中国地质学会石油地质专业委员会. 有机地化论文集. 北京: 地质出版社, 1987, 53-70.
- [28] 冯常茂, 牛新生, 吴冲龙. 黔中隆起及周缘地区下组合含油气流体包裹体研究 [J]. 岩石矿物学杂志. 2008, 27(2): 121-126
- [29] 刘劲松, 马昌前, 王世明, 等. 麻江古油藏原生水晶中固体沥青包裹体的发现及地质意义 [J]. 地质科技情报, 2009, 28(6):39-44.
- [30] 叶霖, 刘铁庚, 邵树勋. 富镉锌矿成矿流体地球化学研究: 以贵州都匀牛角塘富镉锌矿为例[J]. 地球化学, 2000, 29 (6):597-603.

Preliminary Discussion on Relationship between Pb–Zn Deposits and Paleo–oil Reservoirs in Western Hunan and Eastern Guizhou Province

LIU Jin-Song¹, ZOU Xian-Wu¹, TANG Chao-Yang¹, CUI Sen^{1,2}, XIA Jie^{1,3},

GAN Jin-Mu¹, ZHAO Wu-Qiang¹, JIN Shi-Chao^{1,2}

(1. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430205, China; 2. Graduate School of China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 3. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: We take Huayuan Pb–Zn deposit in Hunan Province and Niujiaotang Pb–Zn deposit in Guizhou Province as examples to discuss the relationship between Pb–Zn deposits and paleo–oil reservoirs in western Hunan and eastern Guizhou Province. Both are closely correlated with each other of spatial distribution and there exists two relationships which are “paragensis” and “above oil beneath ore deposit”. The Lower Cambrian Qingxudong Formation is both the important ore–bearing strata of Pb–Zn deposits and one of the paleo–oil reservoirs. The probable lead–zinc source beds are Neo–proterozoic basement rocks or Lower Cambrian Shipai Formation clastic rocks, while the main source rock of paleo–oil reservoir is Lower Cambrian Niutitang Formation. Oilfield brine extracted the ore–forming materials from the Lower Cambrian Shipai Formation clastic rocks and carried them to migrate. Influenced by Caledonian Movement, the balance of paleo–oil and Ore–forming fluid was destroyed, which attributed to the precipitation of Pb–Zn deposit, and in this process the oilfield brine of the paleo–oil reservoir probably provided Pb–Zn deposits with ore–forming sulfur. The Ore –forming time of Pb–Zn deposits is nearly the same as that of the accumulation and destruction of the paleo–oil reservoir during Caledonian.

Key words: Pb–Zn deposits; paleo–oil reservoirs; western Hunan and eastern Guizhou Province