

扬子克拉通周边及其隆起边缘的铅锌矿床

芮宗瑶¹ 叶锦华² 张立生³ 王龙生¹ 梅燕雄¹

(1. 中国地质科学院矿床资源研究所, 北京 100037;

2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 3. 成都地质矿产研究所, 四川成都 610082)

提要: 扬子准地台为大型克拉通碳酸盐发育的地区, 从震旦系到中三叠统为典型盖层沉积, 其中许多地层中不乏碳酸盐沉积。新中国建国以来, 在其周边及其隆起边缘的碳酸盐地层中, 陆续发现了许多层控铅锌矿床。近几年来, 随着地质大调查的开展, 又发现一批很有希望的铅锌矿化集中区。笔者总结了这些铅锌矿床的地质特征, 并将这些矿床与国外的 MVT 矿床进行对比, 探讨它们的矿质来源、成矿溶液、成矿机制和成矿控制因素等。

关键词: 克拉通周边; 隆起边缘; 铅锌矿床; 矿化集中区

中图分类号: P 578.2²~3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2004)04-0337-10

扬子准地台周边及其隆起边缘碳酸盐主岩中的铅锌矿化集中区可以分为 A、B、C、D 4 个区。A 区为陕西南郑县马元铅锌矿带, 原先陕西南岸山震旦系发育的铅锌矿床只是一个小矿床, 现在的马元铅锌矿化集中区已扩大成北矿化带、东矿化带和南矿化带, 据报道铅锌储量有望达到 300 万 t 以上; B 区为川西和滇东北地区, 即康滇地轴东缘复杂构造带, 东部限于峨边—雷波断裂带; 中部为甘洛—小江断裂带; 西部限于安宁河断裂带, 北起四川宝兴, 南至云南会泽, 在近 5 万 km² 范围内, 从震旦系至二叠系的碳酸盐岩地层中, 已发现上百个铅锌矿床(点), 其中大中型铅锌矿床十余处, 储量近千万吨; C 区为鄂西、湘西和桂北地区, 矿点星罗棋布, 除花垣的渔塘寨为老矿床外^[9], 其他为新矿点, 含矿层主要为上震旦统和寒武系, 预测储量近千万吨; D 区为南京栖霞山地区, 主要赋矿地层为石炭系, 仅栖霞山铅锌矿床储量就达 240 万 t(图 1)。

众多学者在不同时期提出了各种各样的看法。在 20 世纪 50~60 年代, 它们统统被认为属于中低温岩浆热液成因的^[2], 到了 70 年代和 80 年代, 认为是同生沉积的^[3]和沉积改造的^[4]; 进入 90 年代, 主张将产于碳酸盐主岩中的铅锌矿床归为密西西比河谷型矿床的学者逐渐多了起来^[5,6]。

1 矿化集中区的主要地质特征

A 区^[7]: 陕西南郑县马元铅锌矿带, 亦即汉南地区碑坝穹

隆周边的上震旦统灯影组白云岩分布区。矿区由基底和盖层两部分组成; 基底由中元古代火地坳群中深变质火山碎屑岩及晋宁—澄江期中酸性侵入岩和基性杂岩等组成, 盖层由角度不整合于基底之上的上震旦统一寒武统浅海相碳酸盐岩—碎屑岩组成。赋矿层为上震旦统灯影组角砾岩化白云岩。区内有 Pb、Zn、Co、Cu 等元素的异常和 1:20 万重力异常。

矿带长大于 60 km, 宽 10~120 m, 呈三面围限的北亚带、东亚带和南亚带。其中对南亚带和东亚带工作较多, 北亚带尚未开展工作。南亚带分布于孔隙沟—朱家河—大院里—楠木树—九岭子—香树坪—尖碛子沟一带, 长 20 km, 宽 10~200 m, 以锌为主, 平均锌品位 2.8%~8.0%。东亚带分布于麻地坪—九湾子—大火地—南岸山一带, 长达 30 km, 宽 20~200 m, 铅大于锌, 铅品位为 9.5%~11.74%, 锌品位 1.49%~1.58%。

矿带中矿石矿物有闪锌矿、菱锌矿、方铅矿, 少量黄铁矿和辉银矿等; 脉石矿物有白云石、方解石、石英、重晶石、萤石等; 有益组分除铅锌外, 伴生有镉、锗和银等。矿石构造以角砾状为主, 局部为块状、脉状和网脉状等。蚀变以白云石化和硅化为主。

B 区^[5,8-14]: 为扬子准地台的康滇地轴东缘的川—滇—黔铅锌成矿带, 该成矿带已发现大中小型铅锌矿床百余处, 拥有铅锌储量近千万吨, 为中国铅锌锗银生产基地之一。区内由南而北大型铅锌矿床有大梁子、小石房、茂租、天宝山、银厂沟、赤普、沙岱、唐家和团宝山等。会泽超大型铅锌矿床, 由

收稿日期: 2004-07-22; 改回日期: 2004-08-25

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(200310200079)资助。

作者简介: 芮宗瑶, 男, 1935 年生, 研究员, 长期从事金属矿床及矿床地球化学研究; E-mail:

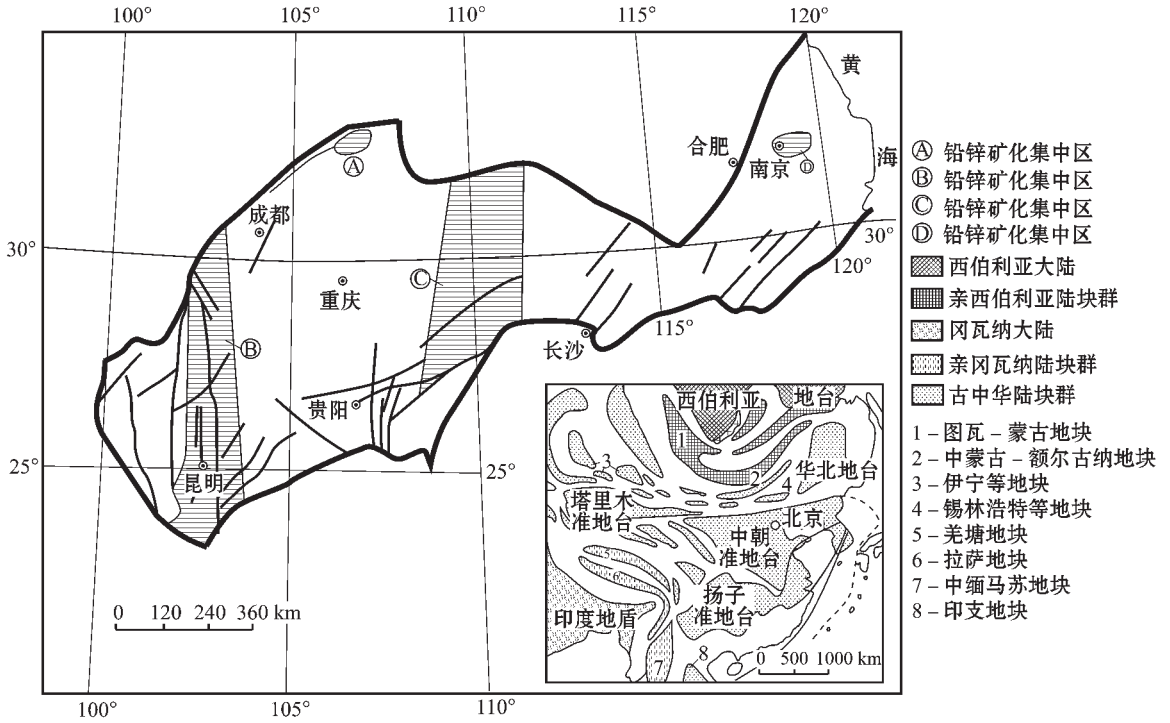


图1 扬子克拉通周边及其隆起边缘的铅锌矿化集中区(据任纪舜等 2002 修改)^[1]
 Fig.1 Pb-Zn mineralization concentration areas on the perimeter of the Yangtze craton and on the margins of its uplifts (modified from Ren Ji-shun et al., 2002)^[1]

相距 3 km 的矿山厂和麒麟厂矿床组成,1992 年在麒麟厂矿床深部找到 VI 号矿体,接着在 1999 年和 2000 年又相继在矿山厂和麒麟厂深部找到 I 号、VIII 号和 X 号矿体,新增铅锌储量超过 300 万 t,品位大于 30%,从浅部到深部,矿体有变厚和变富的趋势。

赋矿层位:会泽铅锌矿无一例外地赋存于下石炭统摆佐组白云岩中。四川境内铅锌总储量统计比率为:中元古代会理群天宝山组占 8.4%;上震旦统灯影组占 75%;下古生界(寒武系、奥陶系和志留系)占 9.1%,其中寒武系龙王庙组和二道水组,中上奥陶统大箐组或宝塔组和志留系黄葛溪组及大关组为主要含矿层;上古生界占 7.5%,其中,中下泥盆统和下二叠统茅口组—栖霞组为主要含矿层位。中—新生界中无铅锌矿产出。

容矿岩石:有两类岩性,一类为细碎屑岩和凝灰质细碎屑岩,矿床以小石房为代表,成因归为 SEDEX 型铅锌矿床;另一类产于碳酸盐岩石中,主要为白云岩以及灰岩、碳质岩石,成因上归为 MVT 型矿床,本文主要探讨产于碳酸盐岩石中的铅锌矿床。

以大梁子铅锌矿床为例来叙述上震旦统容矿岩石特征。铅锌矿体主要产于上震旦统灯影组白云岩中,其顶部岩石为下寒武统筇竹寺组砂页岩,二者构造破碎,形成“黑破带”,即

形成无定向杂乱分布、大小悬殊的(从数厘米到数米不等)、角砾成分复杂的角砾破碎带岩石。浅部角砾成分以碎屑岩为主,深部角砾成分以白云岩为主。中部角砾成分以碎屑岩为主,边部角砾成分以白云岩为主(图 2)。“黑破带”的黑色物质为有机碳,含量达 11.54%。黑破带为大型筒状高品位铅锌矿床的重要标志。

以茂租铅锌矿床为例来叙述下寒武统到上震旦统容矿岩石特征。主要浅部矿体产于下寒武统梅村组第 II 段中,岩性为含磷白云岩,该岩段上部为中厚层晶质白云岩,夹白云质砂屑磷块岩;下部为薄层状中—细晶白云岩互层;底部为中—细晶白云岩,鸟眼和雪花构造发育(图 3)。

矿体形态:川西和滇东北地区产于上震旦统和古生界碳酸盐地层中铅锌矿床的矿体形态通常分 4 类,第 I 类为似层状矿体,如茂租上部矿体,矿体产于下寒武统梅树村组第 III 岩性段白云岩中;金沙厂矿体产于灯影组上部和顶部白云岩与下寒武统砂页岩和泥质白云岩过渡层;盐津乐可坝矿体产于上寒武统白云岩;毛坪矿体产于中石炭统白云岩与灰岩互层。第 II 类为层间脉状矿体,如赤普矿体产于上震旦统灯影组层间滑动剥离破碎构造带中。第 III 类为微斜交层的脉状矿体,如阿尔矿床,矿体主要产于中上寒武统和下奥陶统白云岩中。第 IV 类为筒状矿体,如大梁子产于上震旦统“黑破带”

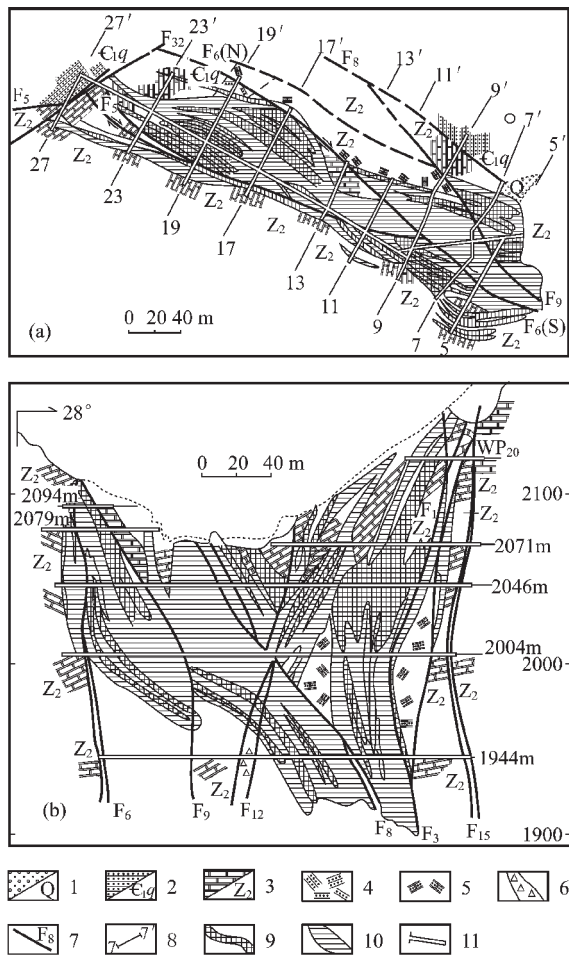


图 2 大梁子铅锌矿床容矿岩石平面(a)和剖面图(b)
(据西南冶金 603 队资料修编)

- 1—第四系砾矿;2—下寒武统箬竹寺组砂页岩;3—上震旦统灯影组白云岩;4—砂页岩“黑破带”;5—白云岩“黑破带”;6—断层破碎带;
- 7—断层及编号;8—勘探线及编号;9—锌矿体;
- 10—铅矿体;11—坑道

Fig. 2 Plan (a) and section (b) of host rocks of the Daliangzi Pb-Zn deposit (modified from No. 603 Geological Team, Southwest Metallurgical and Geological Exploration Company)

- 1—Quaternary conglomerate;2—Sandstone and shale of the Lower Cambrian Qiongzhusi Formation;3—Dolostone of the Upper Sinian Dengying Formation;4—Black fractured zone of sandstone and shale;
- 5—Black fractured zone of dolostone;6—Fractured zone;
- 7—Fault and its number;8—Exloration line and its number;
- 9—Zinc orebody;10—Lead orebody;11—Tunnel

的铅锌矿床和会泽(矿山厂和麒麟厂)产于下石炭统白云岩中铅锌矿床。

矿物组成:一部分矿床上部为氧化矿,中部为混合矿和下部为原生硫化物矿。矿石矿物有闪锌矿、方铅矿、砷硫锑铅

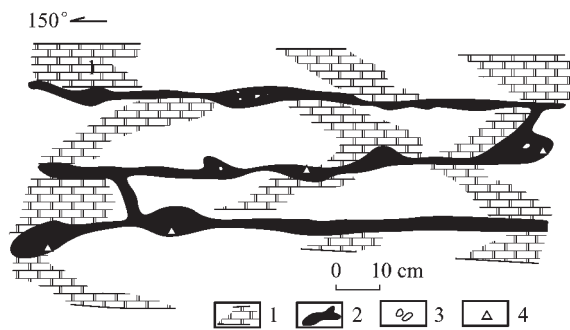


图 3 茂租铅锌矿床 1500 m 主平巷四下穿南掌子面素描图
Fig. 3 Sketch of the heading face in the lower ort 4 in the 1500 m level in the Maozu Pb-Zn deposit [5]

矿、黄铁矿以及少量黝铜矿、车轮矿、硫锑铜矿、深红银矿、柱硫锑铅银矿、银黝铜矿、砷黝铜矿、蓝辉铜矿、菱锌矿、白铅矿等;脉石矿物有石英、重晶石、萤石、白云石、菱镁矿、方解石和闪石等。

矿化分带:综合川西和滇东北铅锌矿床来看,上部多为层状矿体,以锌为主;下部多为柱状矿体,以铅为主。上部矿体规模较小,下部矿体规模较大。似乎矿液由下而上贯入,到了上部遇到隔档层,矿液则沿一定层位扩展开来。从找矿的角度来看,遇到层控矿体,往往为追索下部大矿富矿的线索。

流体包裹体:测试矿物有闪锌矿、重晶石、石英、白云石、方解石和菱镁矿等,流体包裹体类型包括气液型、含 CO₂ 气体型和多相型等。大梁子闪锌矿流体包裹体均一温度为 200~230℃,重晶石为 140~180℃,方解石为 160~180℃;天宝山闪锌矿中流体包裹体均一温度为 250~260℃,白云石为 200~210℃,石英为 150~160℃;赤普、银厂沟和波波等流体包裹体均一温度相对较低,变化于 80~180℃^[6];茂租闪锌矿流体包裹体均一温度变化于 100~140℃,(4 件样品),萤石为 70~110℃(2 件样品),重晶石为 90~100℃(7 件样品),方解石为 70~100℃(3 件样品),白云石为 100~110℃(3 件样品);金沙闪锌矿流体包裹体均一温度为 90~140℃(3 件样品),萤石为 70~130℃(4 件样品),重晶石为 90~120℃(5 件样品),石英为 70~230℃(13 件样品),方解石为 180~190℃(1 件样品)^[9],含盐度为 10.24%~23.99%NaCl,非常接近 MVT 型矿床,个别矿床见到多相流体包裹体,含盐度(NaCl)达 30%~35%,同时均一温度也较高,可能有岩浆热液参与活动。

稳定同位素:

铅:该区铅同位素组成成分 3 类:有的矿床为正常铅(如赤普、唐家、波波和永山等);有的矿床为异常铅亦即 J 型铅(如金沙、团宝山、银厂沟和松林等);有的矿床为混合铅(如大梁子、天宝山、茂租、鸟依和宝贝沟)^[6]。从铅同位素组成推断上地壳来源(如金沙矿床)、下地壳来源和地幔来源都有可能。因此下

震旦统火山岩层、昆阳群和会理群等基底岩石为铅锌矿质的主要来源,但少部分铅锌可能来自碳酸盐岩地层。

硫:大多数矿床硫同位素组成($\delta^{34}\text{S}$)变化范围宽(-19.8‰~+25.3‰)^[9],峰值在+10‰~+20‰之间(如大梁子、银厂沟、磨槽湾、黄家坡、金崖、赤普、岩岱、哈大助、唐家、团宝山、汞山、阿尔和波波等),说明硫来自海水硫酸盐,即地层中硫酸盐。少部分矿床(如金沙)硫同位素组成变化范围较狭,平均为 4.77‰(14 件样品),显示有可能为深部硫来源。张立生^[9]认为川西境内的硫同位素组成比滇东北地区的变化范围宽,反映南、北的硫源有差异,南部更多的反映深部硫源,北部为浅部硫源。

氧、氢、碳:据张立生^[9]资料,12 件流体包裹体的 $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) 值变化于 -5.43‰~+9.51‰, δD (SMOW) 值变化于 -86‰~-41‰,非常靠近大气降水线一侧; $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) 变化 (-6.10‰~-19.5‰)(15 件样品)^[7],以轻碳同位素为主,可能来源为地层中有有机碳。黄智龙等^[10]认为氧、氢和碳同位素总的反映为混合流体,可能与峨眉山玄武岩岩浆活动去气作用再加上大气降水的混合有联系。

成矿时代:迄今为止,川西和滇东北铅锌矿床成矿时代尚无定论。黄智龙等^[10]获得会泽铅锌矿床 VI 号和 I 号矿体的方解石的 Sm-Nd 等时线年龄分别为 (227±18)Ma 和 (225±41)Ma,这与峨眉山玄武岩喷发时代 218~256 Ma 基本一致^[9]。许多地质学家根据构造热动力条件,将川西和滇东北铅锌矿床成矿主要归结为华力西晚期峨眉山玄武岩喷出事件^[5,11]、印支—燕山期扬子盆地伸展以及喜马拉雅期构造热事件有关。

C 区:鄂西的神农架断穹和黄陵断穹及其南缘都发现许多铅锌异常区,在神农架地区找到冰洞山铅锌矿床,含矿层位为上震旦统灯影组白云岩,铅锌资源量达 180 万 t,预测铅锌资源量达 480 万 t。冰洞山铅锌矿床矿体长 3 km,厚 1.05~3.00 m,平均厚 1.83 m,铅锌品位为 2.54%~9.11%,平均 5.91%。

湘西龙山、保靖铅锌矿化区找矿潜力巨大。现已发现洛塔、保靖和花垣 3 个矿田。含矿层有下寒武统清虚洞组藻礁灰岩、中寒武统敖溪组白云岩和下奥陶统南津关—红花园组硅化碎屑灰岩等。

洛塔铅锌矿田位于桑植复向斜,含矿地层为奥陶系,矿田长 100 km,宽 20~40 km,矿化厚度 0.43~1.08 m,矿石分氧化矿和硫化物矿。其中氧化矿铅 0.10%~3.85%,最高达 15.54%;锌 2.00%~22.85%,最高达 37.2%;硫化物矿的铅 0.10%~1.95%,最高达 5.0%,锌 0.70%~10.53%,最高达 24.45%。

保靖铅锌矿田,位于茶洞—花垣—张家界深断裂与保靖—铜仁—玉屏大断裂交汇部位。矿田长 40 km,宽 10~15 km,呈南北向。含矿层位为下奥陶统南津关组和下寒武统清虚洞组。矿化厚度 0.50~3.0 m,铅 0.06%~4.06%,锌 1.43%~12.40%,现已发现矿化点十余处。

花垣铅锌矿田,原已有老矿山鱼塘寨^[12],花垣县已有铅锌矿田大小 500 余家,选厂 300 座,如果以采选冶盈亏平衡点锌 1.8% 计算,花垣铅锌资源量可达 220 万 t。该矿田长 28 km,宽 4~16 km,含矿层位主要为下寒武统清虚洞组下段第三至第四层薄礁灰岩,厚 2.6~3.1 m,最厚为 9.73 m,铅锌品位为 3.57%,预测铅锌资源量为 800 万 t。

此外,湘西还发现凤凰矿田和新晃矿田,含矿层位与上述相似。

D 区^[16,17]:南京栖霞山铅锌矿床位于下扬子准地台东缘,即苏北拗陷与下扬子台褶带接合部位。铅锌储量达 240 万 t,品位为 8.0% (其中铅 2.86%, 锌 5.14%)。赋矿层位为下石炭统一二叠统,70% 的矿石赋存于中石炭统黄龙组粗晶灰岩、白云质灰岩、生物碎屑灰岩和含锰灰岩中。这套地层厚 360 m,呈海进序列,常见到含锰灰岩(可达 45 m)和层纹状黄铁矿层(数厘米至数十厘米)含 Mn 为 28%~9.38%、含硫量可达

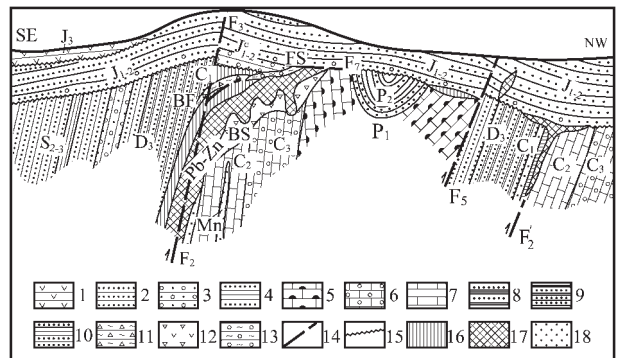


图 4 南京栖霞山铅锌矿床综合剖面^[16]
1—上侏罗统陆相火山岩;2—中下侏罗统象山群砂岩;3—象山群底砾岩;4—上二叠统砂页岩;5—下二叠统燧石灰岩;6—上石炭统船山组灰岩;7—中石炭统黄龙组合锰灰岩、厚层灰岩;8—下石炭统砂页岩;9—上泥盆统石通组砂岩、石英岩;10—中上志留统坟头群粉砂岩夹页岩;11—断层角砾岩;12—岩溶角砾岩;13—复合角砾;14—断层;15—沉积不整合面;16—硫矿体;17—铅锌矿体;18—锰矿体

Fig. 4 Generalized section of the Qixiashan lead-zinc deposit, Nanjing^[16]
1—Upper Jurassic volcanic rocks of continental facies; 2— Sandstone of the Middle-Lower Jurassic Xiangshan Group; 3— Basal conglomerate of the Xiangshan Group; 4—Upper Permian sandstone and shale; 5—Lower Permian cherty limestone; 6— Limestone of the Upper Carboniferous Chuanshan Formation; 7—Manganese-bearing limestone and thick-bedded limestone of the Middle Carboniferous Huanglong Formation; 8— Lower Carboniferous sandstone and shale; 9— Sandstone and quartzite of the Upper Devonian Wutong Formation; 10— Siltstone with shale of the Middle-Upper Silurian Fentou Group; 11— Fault breccia; 12— Karst breccia; 13—Composite breccia; 14— Fault; 15—conformity; 16— Sulfur orebody; 17— Lead-zinc orebody; 18—Manganese orebody

8.0%的硫锰贫矿层。石炭—二叠系碳酸盐岩层为含有机质丰富的有利赋矿层。

控矿构造:志留系坟头群—二叠系龙潭组组成栖霞山复背斜,称下构造层;下中侏罗统象山群高角度不整合覆盖其上,称上构造层。纵向断裂 F_2 发生于栖霞山背斜倒转翼的 D_3 与 C_1 之间,纵贯全区,断续延长达 7 km 以上。该断裂形成于印支期,复活于燕山期,向上切割象山群,形成 F ;侧向上不整合面发生错动,形成 F_7 。该矿床主矿体受控于 F_2 、 F_3 和 F_7 的交汇部位(图 4)。古岩溶角砾岩带沿不整合面和断裂带分布,主要发育在不整合面以下 150 m 范围以内的石灰岩分布地段,宽数米至数十米。岩溶角砾岩可分为交代角砾岩、溶塌角砾岩和溶填砂岩,赋矿岩性以溶塌角砾岩为最佳,有用矿物多以胶结物形式产出。如矿体沿断裂带分布则以断层角砾岩和岩溶角砾岩的复合角砾岩的赋矿性更好。横向断裂在矿区也较发育,当其赋矿的纵向断裂相交时,往往交叉部位的矿体膨大。

F_2 断裂使上泥盆统石英岩和石英砂岩逆冲到石炭—二叠系灰岩之上,从侧上方形成屏蔽层;当上构造层下中侏罗统象山群砂岩沉积之后,则上方完全阻止了矿液扩散。因此,断裂破碎带(主要为 F_2 断裂带)、岩溶角砾岩带和不整合面成为赋矿构造(图 4)。

矿体:矿体沿断裂带(F_2)和一定层位(以石炭系和二叠系为主)呈似层状和不规则状(囊状、脉状和层状)分布。

矿石组成:矿石矿物有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、钙菱锰矿、铁菱锰矿、黄铜矿、黝铜矿、白铁矿、磁铁矿、菱铁矿、磁黄铁矿、毒砂、辉银矿、螺状硫银矿、淡红银矿、深红银矿、含银自然金、辰砂、镜铁矿、褐铁矿、银铁矾、铅铁矾、明矾石、黄钾铁矾、胆矾、白铅矿、菱锌矿、水锌矿、软锰矿、硬锰矿和锰土;脉石矿物有石英、方解石、白云石和重晶石等。主要有用元素为锌、铅和硫,伴生有用元素有锰、铜、金、银、锡、镓和铟等。

围岩蚀变:常见的有硅化、碳酸盐化、重晶石化、萤石化和石膏化。特别是重晶石化可以作为古岩溶作用和古热卤水作用的重要标志,在矿体顶底板和晶洞中常见重晶石,为粗大透明板状集合体。

流体包裹体:对石英和闪锌矿等流体包裹体进行了系统测试。闪锌矿的流体包裹体均一温度为 70~260 °C,在甘家巷 138~154 线出现了较高温度区,变化范围为 240~390 °C。闪锌矿的流体包裹体含盐度(NaCl)为 1.6%~6.8%。成矿压力通常为 200×10^5 Pa,与油田卤水已有很大差别,特别是含盐度较小,代表循环热卤水与大气降水已有很好的混合。

稳定同位素:

铅: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=17.351\sim 17.664$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.416\sim 15.517$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=37.521\sim 37.936$,说明其变化范围小,属正常铅。推测下震旦统千枚岩可能为铅的来源,由渗流热卤水把深部岩石中分散的铅锌等矿质萃取出来,沿断裂带运移沉淀在成矿空间。

氢、氧和碳:对主要成矿阶段脉石矿物石英、方解石和白云石及主要矿石矿物闪锌矿的流体包裹体的氢、氧和碳同位素进行了研究, $\delta\text{D}_{\text{SMOW}}$ 变化于 $-51.5\text{‰}\sim -104.56\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 变化于 $0.89\text{‰}\sim 16.42\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}$ 矿物平衡水变化于 $5.84\text{‰}\sim 12.90\text{‰}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 变化于 $0.21\text{‰}\sim -9.07\text{‰}$ 。氢氧同位素值投影于原生水与大气降水混合区,而以大气降水为主。

2 与 MVT 型矿床对比

扬子克拉通周围及其隆起边缘盖层中碳酸盐岩层发育,又经历了多起构造地质事件,具有引起铅、锌、金、银等矿质活化迁移,沉淀堆积的条件,其铅锌等矿质堆积环境可以与 MVT 矿床对比。

MVT 矿床早在 20 世纪 80 年代美国矿床学教科书中已放入与火成事件有联系未搞清楚的后生矿床(Epigenetic deposits of doubtful igneous connection)^[9],但此时国内主流思想把这类矿床当成沉积改造矿床^[9],直到今日仍有部分地质学家坚持这一观点。在强调一定层位的同时,往往忽视区域地质事件的主导作用。因此有必要在此对 MVT 型作简要评述。

MVT 矿床在 Sangter D F^[10]1984 来华讲学时已叙述得很清楚了。这类矿床在理论上存在很大混乱的原因是矿化形成时代不清楚。这类矿床多为铅锌超大型矿床,储量约 11500 万 t,大约占 19%,主要产于美国、波兰、澳大利亚、加拿大和中国等。赋矿层位为上寒武统、奥陶系、石炭系和三叠系。矿床的一般特征为:①矿床产于大型克拉通碳酸盐盆地的周围及其隆起边缘的碳酸盐岩层中,尤其产于白云岩中;②矿区通常很大,达数十至数百平方千米;③大多数矿区未发现与成矿有关的火成岩;④铅锌等硫化物充填于岩石裂隙内或交代胶结物,有时直接可以看到这些岩石属于多孔礁体碳酸盐格架、岩溶角砾岩和构造角砾岩。因此矿床与岩溶、岩礁、不整合面、构造界面和岩相界面存在一定联系;⑤大多数矿床的矿物组成比较简单,主要矿石矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、和白铁矿等,脉石矿物中常见重晶石和萤石,有些矿床中见少量黄铜矿,通常方铅矿含银低,闪锌矿含铁低;⑥矿床有时富锌有时富铅;⑦研究表明:粗晶闪锌矿、重晶石和碳酸盐矿物的流体包裹体均一温度为 80~200 °C,含盐度为海水 5~10 倍,为 Na—Ca—Cl 的高盐度的油气卤水(常见石油、干酪根或沥青等有机质)^[22-29];⑧稳定同位素:硫通常以重硫为主,且变化范围很宽,反映海水硫酸盐为硫的主要来源;铅同位素也显示相当宽的变化范围,有时放射性 Pb 含量高,所谓“J”型铅,反映铅的矿质来源也很宽,有时就来自上地壳。

人称“阿巴拉契亚”锌铅矿床的美国田纳西州的锌矿床,主要有马斯科特—杰斐逊和科珀里奇矿床,金属储量大约 1500 万 t,铅锌品位 3%~4%。赋矿层位为下奥陶统金斯波特组白云岩,矿石为角砾岩白云岩,矿体形态不规则,有时顺层,有时垂直层理。该区岩溶体系发育。闪锌矿大部分以开放空隙充填物形式与脉石矿物一起沉积,闪锌矿含铁量仅

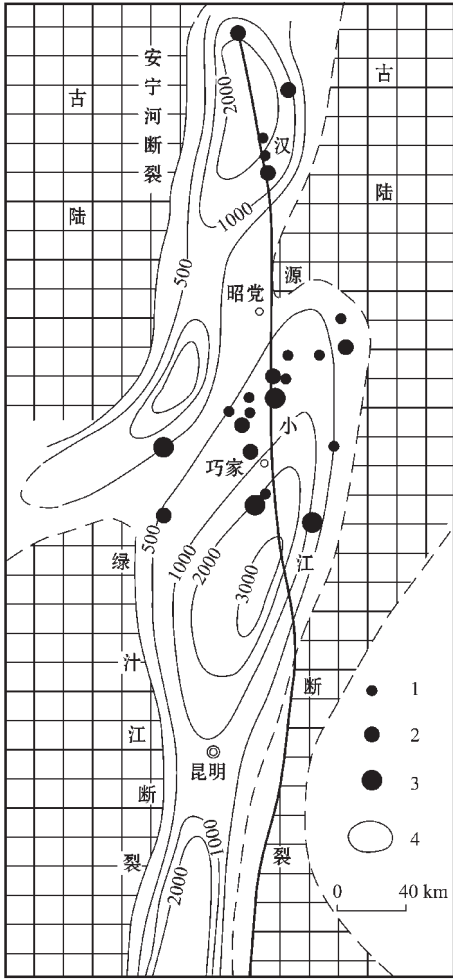


图 5 康滇地轴东缘碳酸盐岩层中的铅锌矿床分布与上震旦统灯影组沉积等厚关系(据周铭魁 1988 修改)^[18]
 1—小型矿床;2—中型矿床;3—大型矿床;4—灯影组沉积等厚线
 Fig.5 Relationship of distribution of Pb-Zn deposits hosted in carbonate rocks with the thickness of deposits of the Upper Sinian Dengying Formation on the eastern margin of the Kangdian Axis (modified from Zhou Ming-kui, 1988)^[18]
 1—Small Pb-Zn deposit;2—Medium Pb-Zn deposit;3—Large Pb-Zn deposit;4—Thickness contour of the Dengying Formation

0.5%。有时这种矿石称为“屋顶落雪”(Snow on roof),即闪锌矿在白云岩角砾之上,底下却没有,像雪落在屋顶上那样。说明矿液自上往下运移,沉积在角砾上。

美国密苏里州东南部维伯纳姆矿带,以铅为主,金属储量大约 3000 万 t,铅品位 6.0%,Zn 品位 1.0%。赋矿层位为上寒武统博内特尔白云岩组,主体属于大陆架沉积物,矿化主要赋存于上部礁灰岩相,矿带溶解坍塌构造发育,已角砾化,主要矿石矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿和白铁矿。

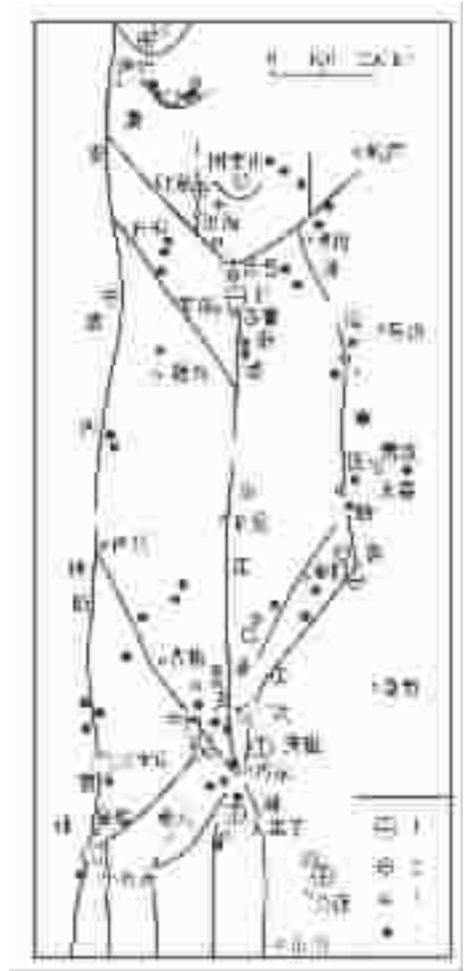


图 6 康滇地轴东缘碳酸盐岩层中铅锌体矿床分布与区域断裂带关系(据张立生 1998 修改)^[5]
 1—大型矿床;2—中型矿床;3—小型矿床;4—铅锌矿点
 Fig. 6 Relationship of distribution of Pb-Zn deposits hosted in carbonate rocks with the regional fault zone on the eastern margin of the Kangdian axis (modified from Zhang Li-sheng)^[5]
 1—Small Pb-Zn deposit;2—Medium Pb-Zn deposit;3—Large Pb-Zn deposit;4—Pb-Zn ore occurrence

3 控矿因素

裂陷沉积:以川西和滇东北铅锌矿带为例,主要铅锌矿床的分布与四川盆地的基底与康滇地轴之间上震旦统灯影组沉积等厚线一致。主要大矿都产于晚震旦世灯影期两个沉积盆地中,一个为会理盆地,另一个为汉源盆地(图 5)。

区域性断裂:康滇地轴东缘碳酸盐岩层中铅锌矿床的分布以甘洛小江断裂带为主干,限于东西两条断裂

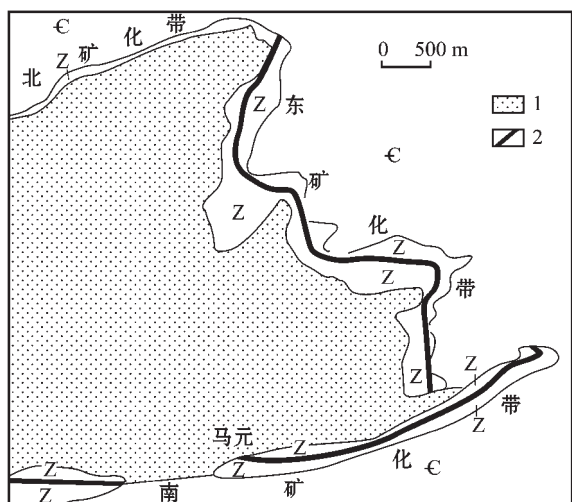


图 7 陕西南郑县马元铅锌矿化集中区

€—寒武系;Z—震旦系;1—碑坝前震旦古陆核杂岩;
2—上震旦统灯影组铅锌矿化层

Fig.7 Mayuan Pb-Zn mineralization concentration area of Nanzheng County, Shaanxi Province

€—Cambrian;Z—Sinian;1—Complex in the pre-Sinian Beiba continental nucleus;2—Pb-Zn-mineralized horizon of the Upper Sinian Dengying Formation

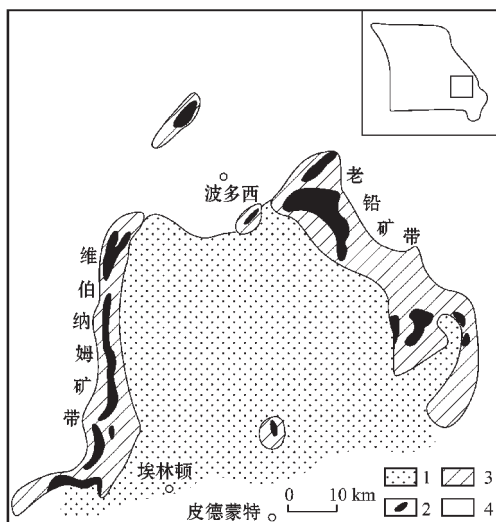


图 8 美国密苏里州东南部铅锌矿化集中区

1—前寒武纪火成杂岩;2—强铅锌矿化区;
3—弱铅锌矿化区;4—寒武系和奥陶系沉积岩

Fig.8 Pb-Zn mineralization concentration area in Southeast Missouri, United States

1—Precambrian igneous complex;2—Strong Pb-Zn mineralization area;3—Weak Pb-Zn mineralization area;4—Cambrian and Ordovician sedimentary rocks

带之间,东部为峨边—雷波断裂带,西部为安宁河断裂带(图 6)。

同样,鄂西—湘西铅锌矿化集中区被一条纵贯神农架—张家界—城步的区域断裂带所穿过,该断裂带对冰洞山、洛塔、保靖和花垣等铅锌矿田都有控制作用。

隆起边缘,陕西南郑县马元铅锌矿化集中区成矿地质背景与美国密苏里州东南部铅锌矿化区十分类似。前者围绕扬子板块北部碑坝古陆核杂岩区分布(图 7),由中晚元古代火地堑群中深变质火山碎屑岩和晋宁澄江期中酸性侵入岩和基性杂岩等构成;后者围绕前寒武纪火成杂岩分布(图 8)。

层位:从某种意义上来说,这类铅锌矿化受一定层位控制,但通过微细分析表明层控的因素十分复杂。首先来探讨屏蔽层的作用,有许多矿床受不透水层的控制,形成层状—似层状矿体(如金沙和茂租的上部矿体),矿体均产于页岩和粉砂岩等组成的不透水层之下。从有些矿床中,化学屏蔽层也是重要因素,例如矿层沿有机质(3%)较高的层位发育。此外,渗透率较高的白云岩层、不整合面以及层间滑带等都可以使铅锌矿层受一定层位控制。

古岩溶:古岩溶形成的开放空间可以为 MVT 铅锌矿床主要控制因素之一^[2]。这类铅锌矿床中岩溶角砾和岩溶塌积岩的发育是司空见惯的。如陕西南郑县马元和鄂西冰洞子等铅锌矿床都有许多古岩溶特征^[7]。

4 成矿机制

产于克拉通盆地周边或穹隆边缘的碳酸盐岩层中的(MVT)铅锌矿床到目前为止还没有一个被公众接受的成矿机制,总是用多来源、多时代和多成因来解释。确实在这类矿床中存在多种多样的成矿样式,下面从几个方面来说明这个问题。

4.1 热流体

沉积物厚达 6000 m 的盆地中,有 70%~80%的水通过成岩压实作用排放出来。随着深度增加,温度和含盐度均会增加,例如流体的温度达到 200℃,含盐度(NaCl)达到 23%,加上沉积物中的有机质的干馏作用,会分解出甲烷和油气,形成一种含金属的油气热卤水^[22-29],这种油气卤水便是 MVT 矿床的成矿溶液。根据 Roedder^[20]和芮宗瑶等^[21]的资料,含盐度(NaCl)通常大于 15%(超过海水盐度的 4 倍以上),未见 NaCl 子晶,属 Na⁺-Ca²⁺-Cl⁻体系,此外含少量 Fe、K、Mg、Br 和重金属,常见甲烷和油气珠滴,大多数流体包裹体的均一温度变化于 80~150℃。根据阙梅英等^[9]对茂租和金沙所作的研究,与上述非常接近,所不同的是含有部分 CO₂ 包裹体,可能这两个矿床的 f_{O₂} 较高。根据肖振民等^[14]对栖霞山的研究,闪锌矿的均一温度与 MVT 矿床的相似,但含盐度偏低,可能是由于栖霞山在成矿过程中大气降水的参与,稀释了成矿溶液所致。

4.2 成矿物质来源

成矿物质来源主要涉及到金属和硫。地质学家设想富含

氯化物的油气热卤水流经岩石淋滤出痕量铅锌^[28-33],形成该类矿床。因此从这层意义上说,成矿是后来发生的,在矿石形成之前,成矿金属已在盆地中移动了数百至上千千米^[29]。因此只有大型克拉通碳酸盐盆地才能形成工业规模矿床。涉及到铅锌是何种源岩中萃取出来有不同看法:①大多数人主张盆地地下部和底部的泥质岩是源岩,痕量铅锌是从泥质岩中萃取出来,随着埋藏深度加大,温度增高,粘土矿物由蒙脱石转为伊利石,再由伊利石转为绢云母的过程中,会析出铅锌。这种模式符合扬子盆地的下震旦统冰水沉积物和火山沉积物中含丰富的铅锌^[8,9]。②有些人主张碳酸盐便是源岩,在对川西和滇东北铅锌地区的研究中,曾对上震旦统灯影组、寒武系底部、下奥陶统、石炭系和上二叠统的铅锌丰度作了上千件样品分析,其丰度值大于克拉克值的4~5倍^[9],因此,碳酸盐岩层本身也可能是矿源层。有些学者认为铅锌等金属在高镁方解石中处于亚稳定态,在成岩过程中会将铅锌等金属释放到热卤水中^[20]。③铅锌等金属来自基底岩层,从陕西南郑县马元铅锌矿化集中区报道来看^[14],上震旦统白云质角砾岩直接产于中晚元古界火地垭群变质火山碎屑岩系和中基性杂岩之上。稳定同位素研究表明^[9],川西和滇东北铅锌矿化集中区既有正常铅,又有异常铅(J型铅),更有混合铅,说明铅锌等金属来源是多源的:即有来自基底的(深源的),又有来自盖层的(浅源的)可能性。

硫同位素研究表明,川西、滇东北和南京栖霞山铅锌矿床的硫同位素变化范围都比较宽。川西北端 $\delta^{34}\text{S}$ 值在 $-19.8\text{‰}\sim+25.3\text{‰}$ 的范围内变化,川西南端和滇东北 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 $-5\text{‰}\sim+14.1\text{‰}$ ^[51],南京栖霞山 $\delta^{34}\text{S}$ 值变为 $-27.4\text{‰}\sim+14.1\text{‰}$ ^[17]。由此认为硫源来自盖层中硫酸盐还原硫和生物成因硫可能性极大。这样,Roedder^[26]和Sverjensky^[25]关于MVT矿床成矿溶液是由盆地演化为油气热卤水与上部含 H_2S 的冷溶液混合的推想得到了验证。

4.3 成矿溶液通道

川西—滇东北铅锌矿化集中区的研究表明^[6,8,9],成矿溶液上升通道为甘洛—小江断裂带、安宁河断裂带和峨边—雷波断裂带等;鄂西—湘西铅锌矿化集中区受控于神农架—张家界—城步断裂带;南京栖霞山矿田控制于长江断裂带与天东断裂带之间,成矿溶液活动受纵向断裂(F_2)控制。

4.4 成矿时间

张立生^[9]认为扬子准地台周边及隆起边缘的铅锌矿床(MVT)赋矿地层下为上震旦统灯影组,上至下二叠统各层位的碳酸盐岩层,主岩主要为白云岩,而三叠系碳酸盐岩层很少有铅锌矿化发生,因此推断成矿时间大概为晚二叠世,可能玄武岩的喷发为铅锌矿化的主要热动力学条件。杨应选等将川西和滇东北碳酸盐岩层中铅锌矿床归为上扬子型,认为华力西晚期基性火山岩(峨眉山玄武岩)—侵入岩活动和印支山—燕山期碱中性和碱性火山岩—侵入岩活动对于成矿起了很大作用,而成矿地质背景与MVT矿床有很大不同。

黄智龙等^[13]认为峨眉山玄武岩与会泽铅锌矿床成矿时代相近,峨眉山玄武岩作为地幔柱活动,从成矿动力学较好解释了会泽铅锌矿床的成因。

肖振民等^[17]认为119~134 Ma石英闪长岩的侵入活动提供了南京栖霞山铅锌矿化的成矿动力学基础。

Zhou等^[9]认为会泽铅锌矿床形成于喜马拉雅期。

从扬子地台周边的金银矿化都与印支—燕山期的伸展作用有关,推测印支—燕山期构造地质事件对铅锌矿化关系非常密切。

总之,扬子准地台周边和隆起边缘碳酸盐岩层中的铅锌成矿是多期形成的,它与扬子地台经受的构造地质事件都有一定关系。

5 结 论

(1) 扬子准地台周边和隆起边缘碳酸盐岩层中铅锌矿床可以与MVT矿床进行对比。但是由于扬子地台所处的成矿地质背景与密西西比河谷型的有巨大差异,因此成矿的差异是自然的。具体体现在扬子准地台经过多次构造地质事件的影响。(2) 扬子地台周边和隆起边缘碳酸盐岩层中铅锌矿床为后生成因,矿石形成比岩层形成滞后得多。不存在同生沉积的可能性。(3) 矿床形成是多期的、多源的和多成因的。亦即华力西晚期、印支—燕山期对成矿都有过贡献。个别矿床在喜马拉雅期有一定的富集作用。

参考文献(References):

- [1] 任纪舜,刘志刚.中国大地构造[A].见:马丽芳主编,中国地质图集[C].北京:地质出版社,2002.37~40.
Ren Jishun, Liu Zhigang. Tectonics in China [A]. in: Ma Lifang (ed.). Atlas of Chinese Geological Map. Beijing: Geological Publishing House, 2002.37~40(in Chinese).
- [2] 郭文魁,张玉华. 1:300万中国铅锌矿成矿规律略图简要说明[J].地质论评,1960,20(1):17~21.
Guo Wenkui, Zhang Yuhua. Brief explanation on 1:3000000 lead-zinc metallogenetic sketch of China [J]. Geological Review, 1960, 20(1):17~21(in Chinese with English abstract).
- [3] 张位及. 试论滇东北 Pb-Zn 矿床的沉积成因和成矿规律[J].地质与勘探,1984,(7):11~16.
Zhang Weiji. On Sediment genesis and metallogenetic Regularities of lead-zinc deposit in eastwestern Yunnan [J]. Geology and Exploration, 1984, (7):11~16(in Chinese).
- [4] 廖文. 滇东滇西 Pb-Zn 金属区 S、Pb 同位素组成特征与成矿模式探讨[J].地质与勘探,1984,(1):1~6.
Liao Wen. On characteristics and metallogenetic pattern of S, Pb isotopic composition for eastern and western Yunnan pb-Zn districts [J]. Geology and Exploration, 1984, (1):1~6(in Chinese).
- [5] 张立生. 康滇地轴东缘以碳酸盐岩为主的铅锌矿床的几个地质问题[J].矿床地质,1998,17(增刊):135~178.

- Zhang Lisheng. Some geological problems for carbonate-hosted lead-zinc deposits on the eastern margin of the Kangdian axis. *Mineral Deposits*, 1998, 17(supp.):135~138(in Chinese).
- [6] Zhao Chaoxian, Wei chunsheng, Gao jiyun, et al. The source of metals in the Qilinchang Zn-Pb deposit, Northeastern Yunnan, China:Pb-Sr isotope constraints[J]. *Econ. Geol.*, 2001, 96(7):583~598.
- [7] 齐文, 侯满堂, 王克明, 等. 陕西南郑马元一带发现大型层控铅锌矿带[J]. *地质通报*, 2004, 23(11):1139~1142.
- Qi wen, Hou Mantang, Wang Keming, et al. 2004. A discovery on a large stratabound lead-zinc ore belt in the Mayuan district of Nazhen county, Shaanxi[J]. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23:1139~1142.
- [8] 杨应选, 柯成熙, 林方成, 等. 康滇地轴东缘铅锌矿床成因及成矿规律[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1994.1~175.
- Yang Yingxuan, Ke Chengxi, Lin Fangcheng, et al. Genesis and Metallogenetic Regularities of Lead-zinc Deposits on the Eastern Margin of the Kangdian axis [M]. Chengdu:Sichuan Science and Technology Press, 1994, 1~175 (in Chinese).
- [9] 阙梅英, 罗安屏, 张立生, 等. 滇东北上震旦—下寒武统层控铅锌矿[M]. 成都:成都科技大学出版社, 1993.1~169.
- Que Meiyang, Luo Anping, Zhang Lisheng, et al. Upper Sinian-lower Cambrian Stratabound Lead-zinc Deposits in Northeast Yunnan Region[M]. Chengdu:Chengdu University of Science and Technology Press, 1993. 1~169 (in Chinese with English abstract).
- [10] 韩润生, 陈进, 李元, 等. 云南麒麟厂铅锌矿床构造地球化学及定位预测[J]. *矿物学报*, 2001, 21(4):667~673.
- Han Runsheng, Chen Jin, Li yuan, et al. Tectono-geochemical features and Orientation Prognosis of Concealed Ores of Qilinchang Lead-zinc Deposit in Huize, Yunnan[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2001, 21(4):667~673 (in Chinese with English abstract).
- [11] 韩润生, 刘丛强, 黄智龙, 等. 论云南会泽富铅锌矿床成矿模式[J]. *矿物学报*, 2001, 21(4):674~680.
- Han Runsheng, Liu Congqiang, Huang Zhilong, et al. Genesis modeling of Huize lead-zinc ore deposit in Yunan [J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2001, 21(4):674~680(in Chinese with English abstract).
- [12] 黄智龙, 陈进, 刘丛强, 等. 峨眉山玄武岩与铅锌成矿床成矿关系初探——以云南会泽铅锌矿床为例[J]. *矿物学报*, 2001, 21(4):681~688.
- Huang Zhilong, Chen Jin, Liu Congqing, et al. A preliminary discussion of the genetic relationship between Emeishan basalts and Pb-Zn deposits as exemplified by the Haize Pb-Zn deposit, Yunnan Province[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2001, 21(4):688~688 (in Chinese with English abstract).
- [13] 黄智龙, 李文博, 韩润生, 等. 云南会泽超大型铅锌矿床成因研究中的几个问题 [A]. 地幔柱与资源环境效应学术研讨论文集 [C]. 2003, 17~25.
- Huang Zhilong, Li wenbo, Han Runsheng, et al. Some problems of genetic of the Huize giant Pb-Zn in Yunnan province[A]. In- Collected Works for the Symposium on Efficiency of Resources and Environment of the Emai Mantle Plume[C]. 2003, 17~25 (in Chinese with English abstract).
- [14] 李文博, 黄智龙, 陈进, 等. 云南会泽超大型铅锌矿床成矿物质来源——来自矿区外围地层及玄武岩成矿元素含量的证据[J]. *矿床地质*, 2002, 21(增刊):413~416.
- Li Wenbo, Huang Zhilong, Chen Jin, et al. Sources of ore-forming materials in Huize superlarge zinc-lead deposit, Yunnan Province—evidence from contents of ore-forming element in strata and basalts from margin of ore district[J]. *Mineral Deposits*, 2002, 21(supp):413~416 (in Chinese).
- [15] 刘文均. 我国东部地区产于碳酸盐岩中层控铅锌矿床的区域特点[J]. *矿床地质*, 1984, 3(3):38~46.
- Liu Wenjun. Regional geologic setting of the stratabound lead-zinc deposits in carbonate rocks of East China[J]. *Mineral Deposits*, 1984, 3(3):38~46 (in Chinese with English abstract).
- [16] 郭晓山, 肖振民, 欧亦君, 等. 南京栖霞山铅锌矿床成因探讨[J]. *矿床地质*, 1985, 4(1):11~21.
- Guo Xiaoshan, Xiao Zhenmin, Ou Yijun, et al. On the genesis of Qixiashan lead-zinc ore deposits in Nanjing [J], *Mineral Deposits*, 1985, 4(1):11~21 (in Chinese with English abstract).
- [17] 肖振民, 叶水泉, 钟庆禄, 等. 南京栖霞山铅锌银矿床地质及勘查模式[M]. 北京:地质出版社, 1996.1~81.
- Xiao Zhenmin, Ye Shuiquan, Zhong Qinglu, et al. Metallogenic Geology and Exploration Model of Qixiashan lead-zinc-silver Deposit, Nanjing[M]. Beijing:Geological Publishing House, 1996.1~81 (in Chinese with English summary).
- [18] 周铭魁. 西昌—滇中地区地质构造特征及地史演化[M]. 重庆:重庆出版社, 1988.1~198.
- Zhou Mingkui. Geological Tectonics and Evolution in Xichang-central Yunnan Region [M]. Chongqing:Chongqing Press 1988. (in Chinese).
- [19] Guilbert J M. The Geology of Ore Deposits[M]. New York:W. H. Freeman and Company, 1986.886~910.
- [20] Sangster D F. 层控赋金属矿床及其成矿作用[J]. *国外矿床地质*, 1985(增刊):1~99.
- Sangster D F. Stratabound base metal deposits and metallogenesis[J]. *Foreign Mineral Deposits*, 1985 (supp.):1~99.
- [21] Sverjensky D A. The origin of a Mississippi valley-type deposit in the Viburnum Trend, Southeast Missouri[J]. *Econ. Geol.*, 1984, 76(7):1848~1872.
- [22] Sverjensky D A. Oil field brines as ore-forming solution [J]. *Econ. Geol.*, 1984, 79(1):23~37.
- [23] Sverjensky D A, Rye D M, Doe B R. The lead and sulfide isotopic compositions of galena from a Mississippi valley-type deposit in the New lead belt, Southeast Missouri[J]. *Econ. Geol.*, 1979, 74(1):149~153.
- [24] Sverjensky D A. The distribution of divalent trace elements between sulfides, Oxides, silicates and hydrothermal solutions; 1. thermodynamic basis[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1985, 49(3):

- 853~864.
- [25] Sverjensky D A. Genesis of Mississippi valley-type lead-zinc deposits[J]. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 1986, 14: 177~199.
- [26] Roedder E. Fluid inclusion studies of ore deposits in the Viburnum trend, Southeast Missouri[J]. *Econ. Geol.*, 1977, 72(3): 474~479.
- [27] 芮宗瑶, 李宁, 王龙生. 关门山铅锌矿床: 盆地热卤水成矿及铅同位素打靶[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
Rui Zongyao, Li Ning, Wang Longsheng. The Guanmenshan lead-zinc Deposits: Its Basin Brine ore-forming Process and Lead Isotopic Targeting[M]. Beijing: Geological Publishing House. 1991 (in Chinese with English summary).
- [28] Anderson G M. Pre-precipitation of Mississippi valley-type ores[J]. *Econ. Geol.*, 1975, 70(5): 737~942.
- [29] Giordano T H, Barres H L. Lead transport in Mississippi valley-type ore solutions[J]. *Econ. Geol.*, 1981, 76(8): 2200~2211.
- [30] Haynes F M and Kesler S E. Chemical evolution of brines during Mississippi valley-type mineralization: evidence from east Tennessee and Pine Point[J]. *Econ. Geol.*, 1987, 82(1): 53~71.
- [31] Melimans R k, Barnes H L, Ohmoto H. Sphalerite stratigraphy of the upper Mississippi valley zinc-lead district, southwest Wisconsin [J]. *Econ. Geol.*, 1980, 75(3): 351~361. [32] Ohle E L. Breccias in Mississippi valley-type deposits [J]. *Econ. Geol.*, 1985, 80(6): 1736~1752.
- [33] Ohle E L. Some considerations in determining the origin of ore deposits of the Mississippi valley-type-part II [J]. *Econ. Geol.*, 1980, 75(2): 161~172.

Pb-Zn depts on the perimeter of the Yangtze craton and on the margins of its uplifts

RUI Zong-yao¹, YE Jin-hua², ZHANG Li-sheng³, WANG Long-sheng¹, MEI Yan-xiong¹

(1. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

2. *Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China;*

3. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu, Sichuan 610082, China*)

Abstract: The Yangtze paraplatform is a large craton characterized by development of carbonate formations. Typical Sinian to Middle Triassic cover sediments contain many carbonate formations. Many stratabound Pb-Zn deposits have been found in the carbonate formations on the perimeter of the Yangtze craton and on the margin of its uplifts since the founding of the People's Republic of China. In recent years, with the large-scale geological survey, an additional group of very promising Pb-Zn mineralization concentration areas have been discovered in the region. This paper sums up the geological features of these Pb-Zn deposits, compares them with MVT deposits abroad and discusses their ore material source, ore fluids, genetic mechanism and ore controlling factors.

Key words: perimeter of craton; margin of uplift; Pb-Zn deposit; mineralization concentration area