

新疆乌恰县乌拉根新生代热卤水喷流沉积 铅锌矿地质特征及成矿模式*

Geological Characteristics and Ore Forming Mechanism of Wu Lagen Hot Brine Exhalogene Lead-Zinc Deposit of Cenozoic Era, Wuqia, Xinjiang

谢世业¹ 莫江平¹ 杨建功² 杨金明³

(1 桂林矿产地质研究院地研所, 广西 桂林 541004; 2 有色地质资料馆, 北京 065201;

3 新疆鑫汇地质矿业有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830011)

Xie Shiye¹, Mo Jiangping¹, Yang Jiangong², Yang Jinming³

(1 Guilin Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin 541004, Guangxi, China; 2 Geology Archives of Nonferrous Metal, Beijing 065201, China; 3 Geology and Mining Corp. LTD. Urumchi 830011, Xinjiang, China)

摘 要 乌拉根铅锌矿床是新生代热卤水喷流沉积矿床, 矿化分布于下第三系古新统乌拉根组第一、二岩性段, 矿石结构构造兼有同生沉积及叠加改造特征, 围岩蚀变为黄铁矿化、天青石化、石膏化及白云石化。矿石同位素研究表明, 成矿物质铅锌来自地壳深部或上地幔, 硫主要来自海水硫酸盐的还原。成矿温度为 64~193℃; 成矿流体盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 7.22%~20.29%, 成矿年龄 45.4~54.0 Ma。成矿作用经历了 3 个时期: ① 热卤水喷流沉积成矿期; ② 热卤水喷溢叠加成矿期; ③ 表生氧化淋滤富集期。

关键词 新生代 热卤水 喷流沉积 铅锌矿 乌恰县 新疆

乌拉根铅锌矿床位于新疆乌恰县西 30 km。20 世纪 50 年代新疆有色 702 队曾对其进行过以铅为主的普查评价, 认为其为小型热液铅锌矿床。笔者(2001)在执行国家地质调查项目(编号 200110200063)期间, 对该矿床进行了大量的室内外地质、物探和化探调查, 结果表明其铅锌资源量在百万吨以上, 具有巨大经济价值, 矿床成因与云南金顶铅锌矿床类似。该类型矿床有可能成为南疆铅锌矿床重要的找矿类型, 对其进行深入研究有重要的现实意义和理论意义。

1 地质概况

乌拉根铅锌矿位于南天山海西地槽褶皱带与塔里木中-新生代断陷盆地接合部位、塔里木盆地西部喀什拗陷西缘。拗陷区内广泛发育中、新生代地层, 中生代包括三叠系、侏罗系和白垩系, 为一套断陷盆地内的陆源碎屑沉积建造, 有砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩等, 其中见有膏盐层、煤系和生(含)油层。矿区地层主要为下第三系古新统乌拉根组、白垩系赛诺曼组 and 侏罗系等。乌拉根组自下而上分 5 个岩性段: 第一岩性段为紫红色砂砾岩、含砾中粗粒钙质砂岩、灰白色砂岩, 含浸染状闪锌矿及方铅矿, 是本区的赋矿层; 第二岩性段为天青石白云石同生角砾岩, 含脉状的闪锌矿及方铅矿, 也是本区的赋矿层; 第三岩性段为血红色膏盐泥岩、生物碎屑泥灰岩; 第四岩性段为介壳灰岩与白云质灰岩互层; 第五岩性为生物碎屑泥灰岩、血红色膏盐泥岩和粉砂质页岩。从矿区地层特征知道, 赋矿层具有高渗透性及富含喷流沉积物特征, 而矿体顶、底板则为透水性极差的膏泥层、灰岩及砂质粘土层, 是流体活动的隔板层。这些地层条件对乌拉根矿床成矿有重要意义。

矿床产于库什维克大向斜东端乌拉根向斜两翼下第三系古新统乌拉根组地层中。乌拉根向斜轴呈北东东向, 东端仰起, 向西宽缓散开, 向斜南翼倾向北北西, 倾角较缓(50°左右), 北翼倾向西南(193°), 倾角陡(70~80°), 局部倒转。矿

* 本文得到国家地质调查项目(编号 200110200063)资助。

第一作者简介 谢世业, 男, 1962 年生, 硕士, 高工, 从事矿床地球化学研究。

体分别产于向斜南北两翼, 构成南北矿带。

区内断裂发育, 在乌拉根向斜北翼及南翼附近各有一断层通过, 断裂走向 $60\sim 80^\circ$, 切过了元古界长城系, 表明断裂已深切基底。断裂附近发育天青石化及铅锌矿化。这两断裂属乌恰断裂次级断裂, 切割深度大, 有利海水下渗基底, 循环形成含矿热卤水, 并通过这些断裂或其附近断裂上升喷流至海盆凹地沉积成矿。

2 矿床地质特征

2.1 矿体形态、产状及其分布

铅锌矿化主要分布于乌拉根向斜两翼及向斜核部仰起端, 其中分布于向斜北翼的矿体组成北矿带, 分布于向斜南翼的矿体组成南矿带。两矿化带特征类似, 矿化严格受地层控制, 矿体分布于下第三系古新统乌拉根组第一岩性段 (E_1w^1) 紫红色砂砾岩、含砾砂岩和砂岩以及第二岩性段 (E_1w^2) 天青石白云石。赋存于 E_1w^1 砂砾岩、含砾砂岩及砂岩中的矿体, 是矿区最主要的矿化类型。一般呈层状、似层状, 矿化连续稳定, 延伸较长。南矿带该层矿化延伸达 30 km 以上, 北矿带该层矿化延伸也超过 15 km; 矿化层厚 100~160 m。单个矿体一般长达几百米, 厚几十米; w_{Zn}/w_{Pb} 近于 8, 铅锌含量 w_{PbZn} 为 0.75%~8%。矿石矿物方铅矿、闪锌矿分布于砂砾粒间或裂隙中, 呈浸染状或细脉状。赋存于 E_1w^2 天青石白云石同生角砾岩的矿体呈似层状, 局部囊状、不规则状, 一般长 200~300 m, 厚 0.8~8 m。由于 E_1w^2 在本区分布很不稳定, 岩相及厚度变化巨大, 导致该层中的矿体也呈尖灭、再现现象。在乌拉根向斜东部 E_1w^2 厚度大, 各种滑塌、泥石流构造发育。大岩块、泥石流及冲积层呈铲刮互层关系。岩层角砾棱角分明, 可拼接, 角砾成分与胶结物同为天青石白云岩, 具同生角砾岩特征。在这些部位, 铅锌矿化强烈, 矿石呈稠密浸染状、块状、网脉状、脉状、层纹状构造; w_{Pb} 高达 27.55%, 平均 5.48%, w_{Zn} 高达 26.23%, 平均 8.45%。往西过了康苏河, E_1w^2 变薄甚至缺失, 滑塌、泥石流、同生角砾等构造少见, 该层矿体也变薄, 甚至缺失尖灭。

2.2 矿石类型、矿物组成及结构构造

区内矿石类型繁多, 按赋矿岩石岩性可分为天青石白云石角砾岩型和砂岩型两类, 按矿石结构构造划分为角砾状矿石、块状矿石、浸染状矿石、层纹条带状矿石、细脉状矿石等。原生金属矿物主要有闪锌矿、方铅矿和黄铁矿, 见少量赤铁矿、纤锌矿, 偶见黄铜矿和毒砂; 次生金属矿物有白铅矿、铅矾、菱锌矿、异极矿; 非金属矿物有石英、方解石、白云石、天青石、石膏和绢云母。

不同类型的矿石, 结构构造也不同。砂岩型矿石以粒状结晶结构为主, 另外还有胶结结构 (金属矿物主要为闪锌矿取代钙质胶结物)、胶状结构 (闪锌矿呈脉状)、草莓球状结构 (黄铁矿) 以及溶蚀结构、次生增长结构等。构造有浸染状构造、斑点状构造、层纹状构造 (浅色闪锌矿呈层纹状分布于砂岩中)、条带状构造以及细脉状构造。天青石白云石角砾岩型矿石中最常见的结构为: 结晶粒状、交代溶蚀、嵌晶、粗晶等结构, 最常见的构造有角砾状、块状、细脉状、条带状、晶洞状等。角砾状构造中往往见有具层纹条带状构造的角砾。氧化矿石的结构有: 晶粒状、纤维状、隐晶状等; 构造有变胶状、皮壳状、多孔状、土状、粉末状等。

3 乌拉根铅锌矿床成因

乌拉根铅锌矿床成矿背景、矿床矿化特征、控矿因素、成矿物质来源、成矿流体性质及成矿年龄等, 表明其为热卤水喷流沉积成因, 主要依据如下:

3.1 矿床分布受同生断裂及局限性盆地特殊沉积相控制

乌拉根矿床的形成与同生断裂有密切关系, 矿床分布于同生断裂旁狭长的东西向拗陷带内, 拗陷南部有一近东西向水下隆起, 使其与塔里木盆地分隔, 沉积环境较为安定。矿床严格受层位及岩相古地理控制, 盆地古陆岛或水下隆起的边缘拗陷内封闭性较好的环境, 为含矿热卤水沿生长断裂不断喷溢汇集提供场所, 赋矿层为早第三纪古新统乌拉根组第一、二岩性段的砂岩、砂砾岩、天青石白云石角砾岩。

3.2 矿石组构兼有同生沉积及叠加改造特征

扩散系统及补给系统的矿石, 结构、构造有所差别, 又有继承性关系。喷流扩散系统, 在热卤水喷流成岩成矿期, 在靠近地表条件下, 具有某些化学沉积、生物化学沉积特征, 如晶粒结构、草莓状结构等, 并有浸染状、层纹状、条带状等热水沉积特征的同生构造。矿体初步定位后, 在热卤水喷溢成矿期, 深部含矿热卤水继续沿裂隙上涌, 叠加了环状结构, 斑块

状、网脉状构造。靠近补给系统的矿石，叠加成矿及交代作用更为强烈，矿石结构较为复杂，以交代溶蚀、碎裂、似文象、胶状同心环状结构及网脉状、角砾状、晶洞状、块状等构造为主。上述由于成矿阶段演化而形成的矿石结构构造特征，反映了热卤水喷流同生沉积成矿作用及喷溢叠加改造成矿作用过渡及其在时间、空间上有序的变化。

3.3 围岩蚀变特征及矿化蚀变分带

矿床围岩蚀变总体较弱，且类型简单，主要为黄铁矿化、天青石化、白云石化、石膏化等低温蚀变。其中黄铁矿化、天青石化较强，且与矿化富集关系密切。区内赋矿地层广泛发育黄铁矿及天青石，见层纹状（天青石、黄铁矿）、草莓状（黄铁矿）、浸染状构造，表现出典型沉积特征，还可见细脉状、网脉状天青石、黄铁矿切穿交代现象，显示出热液交代特点。由此推测，矿区内的天青石及黄铁矿应是深源上升含矿热流体持续喷流-喷溢、沉积-交代的产物。天青石、黄铁矿发育在空间上与铅锌矿化密切伴生，天青石、黄铁矿发育地段便是铅锌矿富集地段，有天青石、黄铁矿发育的地方一般都可见到浸染状或细脉状铅锌矿化。

矿床蚀变分带有一定规律性，从深部到浅部依次为：黄铁矿—闪锌矿—闪锌矿—黄铁矿—方铅矿—方铅矿—闪锌矿—方铅矿—天青矿—白云石—石膏；金属元素分带为：Fe+Zn—Zn+Fe+Pb—Pb+Zn—Pb—Sr—Mg—Ca。此外，北矿带以铅矿化为主，南矿带以锌矿化为主，东部以锑矿化为主。由此推测，热卤水喷流通道可能更靠近北矿带，往东延伸至锑矿。

3.4 成矿金属元素具深源特征、硫来自海水硫酸盐还原及成矿年龄与赋矿层年龄一致

本矿床铅同位素组成基本相同（表 1），铅同位素组成均一，其 μ 值为 9.08~9.44， ν 值为 0.066~0.0685， ω 值为 32.25~35.042， KI 值为 3.72~3.75；在铅构造演化图上，样品投影在上地幔、下地壳源区；硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化大（+14.6~-26.1‰）（表 2），极差达 40.69%，显示出沉积矿床的硫同位素特征，说明硫可能来自海水硫酸盐经生物和细菌还原。因此乌拉根铅锌矿金属物质主要来自深部，硫则来自海水。另外，铅同位素年龄为 45.4~54.0 Ma，与赋矿层古新世时代一致，这是矿床同生沉积的有力证据。

表 1 乌拉根矿床铅同位素组成

序号	矿物	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	模式年龄 t/Ma	Φ	μ	Th/U (k_1)	ν	ω
1	方铅矿	18.567±0.01	15.595±0.01	38.597±0.02	45.4	0.572	9.44	3.72	0.0685	34.925
2	方铅矿	18.538±0.01	15.585±0.01	38.564±0.03	54.0	0.573	9.42	3.75	0.0683	35.042
3	方铅矿	18.349	15.402	38.029			9.08		0.066	32.25
4	方铅矿	18.364	15.422	38.060			9.12		0.066	32.47

注：1、2 据刘继顺 2000.12；3、4 据祝新友，1999。

表 2 乌拉根铅锌矿床硫同位素组成

样号	M-8	M-5	YW-28	YE-148	W-10	WB410	WB413	W-12	W-12
矿物	方铅矿	黄铁矿	方铅矿	方铅矿	方铅矿	方铅矿	方铅矿	方铅矿	黄铁矿
$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	-12.4	-6.8	-26.1	-15.3	-10.5	-14.4	-17.7	14.6	-4.8
资料来源		刘继顺，2000			蔡宏渊，2000	祝新友，2000		蔡宏渊，2000	

3.5 成矿温度及成矿流体盐度

本矿床与铅锌矿共生的透明矿物主要有石膏、天青石。石膏中包裹体大小一般 1~5 μm ，最大 10 μm ，类型为气、液并存，气液比为 3%~60%，一般 10%~25%，均一温度 64~193℃，可分为两组，第一组为 64~126℃，平均 98.8℃（12 个样品），盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 7.22%~7.5%；第二组为 144~193℃，平均 156.9℃（16 个样品），盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 12.84%~20.29%。充分表明成矿流体具热卤水特征。

3.6 与金顶热卤水型铅锌矿床特征类似

云南兰坪金顶铅锌矿是我国最大的铅锌矿床，产于兰坪—思茅中生代盆地内，系新生代热卤水喷流沉积成矿作用形成的超大型铅锌矿床（罗君烈，1994）。经过对比研究，乌拉根铅锌矿床与金顶铅锌矿床存在有诸多一致性：

（1）成矿的地质背景相似。两者处于受古老地层-构造夹持的新生代盆地中，同生断裂发育，构造活动时漫长，强度大。

(2) 两者的基底都富含金属元素, 中生代、新生代沉积建造中富含煤、碳质、膏盐层、紫色层组成“黑白红”三色建造, 且厚度大。

(3) 含矿层均为下第三系, 岩性为碎屑岩、泥质灰岩和白云岩建造(乌拉根为下第三系古新统乌拉根组, 金顶为下第三系古新统云龙组)。

(4) 矿石矿物组成和元素相同, 均为 Pb、Zn、Sr 矿化, 砂岩、砂砾岩以锌矿化为主, 天青石白云石角砾岩以铅矿化为主, 内部为铅锌矿化, 外部为 Sr 矿化。围岩蚀变不强, 以低温蚀变天青石化、黄铁矿化、白云石化和褪色为主。

(5) 赋矿空间相似, 矿体严格受层位控制, 似层状铅锌矿体产状与围岩一致, 同步褶皱变形。不同的是金顶铅锌矿的聚矿构造为穹隆, 主矿化期在穹隆之后, 而乌拉根铅锌矿则为向斜, 主矿化期在褶皱之前。

4 成矿模式

乌拉根矿床是在特定地质背景、岩相条件下形成的热卤水喷流沉积矿床, 成矿作用经历了 3 期: ① 热卤水喷流沉积成矿期; ② 热卤水喷溢叠加成矿期; ③ 表生氧化淋滤富集期。

4.1 热卤水喷流沉积成矿期

进入晚白垩世, 天山和西昆仑造山带抬升, 喀什坳陷稳定下沉, 海水自西向东进入本区, 发生海侵。由于乌恰及其次级同生断裂长期活动, 南盘下降、北盘抬升, 出现高山深盆的古地貌。盆地持续下降, 在侏罗纪—白垩纪沉积了巨厚含煤、碳质、膏盐, 紫色层建造后, 沿断裂带形成狭长的近东西向凹陷, 凹陷南边有一近东西向水下隆起带, 使凹陷与塔里木盆地分隔, 造成局部封闭、安定的深水还原环境, 为金属硫化物大量堆积创造了条件。同时, 由于山体抬升, 产生了一套受控于乌恰断裂系统的构造活动型冲积相及河口砂坝相粗屑砂岩沉积及重力滑塌角砾岩相, 成为容矿岩性。断裂长期活动及深切, 为深部热源和含矿热卤水上升喷流提供了通道。海水沿断裂下渗, 加热并淬取深部成矿物质, 形成含矿热卤水, 然后上升喷流至海盆凹陷, 与硫酸盐经有机还原作用提供丰富硫源的海水混合, 在适宜的物理化学环境下, 造成大量闪锌矿、方铅矿、黄铁矿沉淀。这一时期矿质与岩石同时沉积, 矿石是典型的同生沉积结构构造, 如层纹状、条带状、浸染状、草莓状等。同时由于生长断裂不断活动造成海盆倾斜, 导致上含矿层(E_1w^2)天青石白云岩发生重力滑塌、泥石流等, 形成同生角砾, 矿质及岩石继续沉积胶结而形成角砾状矿石。

4.2 热卤水喷溢叠加成矿期

进入第三纪中晚期, 盆地进一步沉降, 乌拉根地区沉积环境也由陆相冲积扇及河流沉积相向滨海潮坪-泻湖相沉积转变, 在含矿层 E_1w^1 及 E_1w^2 之上沉积了膏盐、红层、灰岩、生物碎屑灰岩、白云质灰岩等建造。生长断裂继续活动, 含矿热卤水在热动力驱动下, 沿断裂不断泵吸循环, 在上升至含矿层上部时, 遇到膏泥层等隔挡层, 运动方向由向上改为沿疏松多孔的含矿层水平扩散, 在还原条件下, 矿质沿岩石粒间空隙、节理及裂隙沉淀、充填交代, 形成细脉状、网脉状、角砾状、环带状、稠密浸染状及块状的矿石。

4.3 表生氧化淋滤富集期

主成矿期后, 地壳上升, 在构造应力作用下, 含矿层与地层同步褶皱, 矿体裸露地表而遭受风化剥蚀。长期的表生氧化淋滤作用, 使地表原生硫化物强烈氧化, 锌在地表大量被淋蚀而在地下一定部位(70~180 m)富集, 形成锌的垂直分带, 致使地表锌品位变贫, 越下越富。铅不活泼, 运移距离小, 多在地表和浅部形成铅矾($PbSO_4$)和白铅矿($PbCO_3$)等铅的次生矿物。从而形成铅锌矿体垂直分带, 锌常由原生带分离出来, 在氧化铅矿体底盘富集。

参 考 文 献

- 高广立. 1989. 论金顶铅锌矿床的地质问题[J]. 地球科学, 14(5): 468~475.
康玉柱. 1996. 中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价[M]. 北京: 地质出版社.
罗君烈等. 1994. 滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用[M]. 北京: 地质出版社.
周维全, 周全立. 1992. 兰坪铅锌矿床铅和硫同位素组成研究[J]. 地球化学, 20(2): 141~148.
Bjorlykke A and Sanyster D. 1981. An overview of sand stone lead deposits and their relation to red-bed copper and carbonate-hosted lead-zinc deposits[J]. Econ. Geol., 75: 178~213.