

# 西昆仑地区卡兰古 MVT 型铅锌矿床成矿作用和成矿物质来源探讨

匡文龙<sup>1</sup>, 刘继顺<sup>1</sup>, 朱自强<sup>1</sup>, 刘石华<sup>2</sup>

(1. 中南大学地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083; 2. 广东省地勘局 722 地质大队, 广东 汕头 516026)

**摘 要:**卡兰古 MVT 型铅锌矿区,在大地构造位置上,处于西昆仑造山带与塔里木板块交接部位的晚古生代奥依塔格—库尔良裂陷槽的北段,属于西昆仑地区库斯拉甫—他龙铅锌成矿带的一部分。作者通过详实的野外考察和综合室内测试、岩矿鉴定等研究资料分析,认为其成矿物质主要来源于古老基底以及早古生代奥陶系;在成矿作用过程中,喜马拉雅期逆冲推覆褶皱作用所引发的大规模热卤水运移、循环(特别是油田卤水与深层流体的混合),导致了矿质的进一步富集、沉淀。

**关键词:**MVT;卡兰古铅锌矿床;西昆仑库斯拉甫—他龙铅锌成矿带;热卤水

**中图分类号:**P618.42/43 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1552(2002)04-423-06

## 1 区域成矿构造概述

卡兰古铅锌矿床位于阿克陶县阿尔塔木村北西约 6 km 处,在大地构造位置上,处于西昆仑造山带与塔里木板块的交接部位,属于库斯拉甫—他龙铅锌(铜)成矿带的一部分。

前震旦纪,陆壳裂解形成塔里木板块、西昆仑地体、帕米尔板块等。在加里东期,塔里木板块沿库地北断裂(俯冲带)往南西向西昆仑地体俯冲,形成昆中岩浆弧,并且两者于志留纪末期拼贴为一体[1995,李向东,等]。加里东期花岗质岩浆侵入时代的变化趋势佐证了这一观点[2000,王元龙,等]。

晚古生代时,由于古特提斯裂解作用的影响,俯冲带迁移到康西瓦断裂带附近,板块俯冲方向由南西往北东,西昆仑中部地带又成为晚古生代岩浆弧即昆中多期岩浆弧[2001,成守德,等]。库斯拉甫—

他龙地区正处于该弧后位置,在板块俯冲的影响下遂发展成为晚古生代弧后裂谷(即奥依塔格—库尔良裂陷槽)。

随着古特提斯洋的消亡,库斯拉甫—他龙这一晚古生代裂谷盆地,于二叠纪末期闭合;三叠纪时期,本区处于隆起剥蚀状态,缺失沉积;侏罗纪时,本区为山间盆地相,间夹沼泽相沉积;至白垩纪末期与早第三纪早期,因受新特提斯裂谷化作用,本区遭受了一次海浸,形成一套浅海至泻湖相的沉积岩系。在印度板块与欧亚板块碰撞所引起的喜马拉雅期造山运动的作用下,新特提斯洋闭合,青藏高原崛起,盆地构造急剧分异,引起本区西昆仑前缘大规模的逆冲推覆和走滑构造运动,形成铁克力克推覆体及其派生的褶皱构造及一系列走滑断层等构造形迹,奠定了现今的构造格局。

因此,库斯拉甫—他龙铅锌(铜)成矿带所处的大地构造位置为晚古生代弧后裂谷盆地——具陆壳

收稿日期:2002-05-20;改回日期:2002-09-25

基金项目:中国地质调查局“新疆西昆仑库斯拉甫—他龙一带铅锌铜矿资源调查评价(编号:200210200021)。

作者简介:匡文龙(1966-),男,湖南双峰人,中南大学在读博士生,主要从事区域构造与成矿学研究。

基底的奥依塔格—库尔良裂陷槽。晚古生代的裂谷沉积作用以及海西末期和喜马拉雅期的强烈构造作用为本区大范围、高强度的铅锌(铜)成矿创造了有利的构造条件。

## 2 矿区地质特征

卡兰古 MVT 型铅锌矿区,位于克孜勒陶—库斯拉甫断裂以东,受卡兰古向斜控制。在大地构造位置上,处于西昆仑造山带与塔里木板块交接部位的晚古生代奥依塔格—库尔良裂陷槽的北段,属于西昆仑地区库斯拉甫—他龙铅锌(铜)成矿带的一部分。

区内断裂构造发育,岩层中多小褶曲。这些断裂按性质可分为两大类:(1)为成矿前断裂,这类断裂规模较大的有两条,它们分别分布在矿区的东西两侧;(2)为成矿后断裂,致使矿体遭受破坏并发生位移。矿区内未见有岩浆活动产物。

区内出露地层主要为上泥盆统奇自拉夫组( $D_3^{qz}$ )的紫色—灰绿色砂岩夹石英砾岩;其次为下石炭统卡拉巴西塔克组( $C_1^{kl}$ )它与下伏地层呈断层接触关系(图 1),并可分为七个岩性段:

(1) 第一岩性段( $C_1^{kl1}$ ):分布于向斜的北翼,为灰绿色、黑色薄层—中厚层状灰岩夹少量泥质灰岩;(2) 第二岩性段( $C_1^{kl2}$ ):灰色—灰白色厚层块状中—粉粒白云岩化灰岩及白云岩,厚 0.3~40 m,为主要含矿层;(3) 第三岩性段( $C_1^{kl3}$ ):灰白色钙质砂岩、灰白色

白云质砾岩。该层石英脉较发育,有铅矿化,底部局部可见工业矿体;(4) 第四岩性段( $C_1^{kl4}$ ):薄层灰岩页岩、石英砂岩互层;在上部以薄层灰岩为主;(5) 第五岩性段( $C_1^{kl5}$ ):灰黑色薄层状灰岩泥质灰岩;(6) 第六岩性段( $C_1^{kl6}$ ):灰色浅灰色巨厚层状—块状灰岩;(7) 第七岩性段( $C_1^{kl7}$ ):灰色薄层状灰岩。

## 3 矿床地质特征

卡兰古铅锌矿床,矿体主要产于向斜两翼的第二岩性段(白云岩或白云岩化灰岩)中。矿区以向斜轴为界,分南、北两矿段(图 1)。北矿段规模较大,是

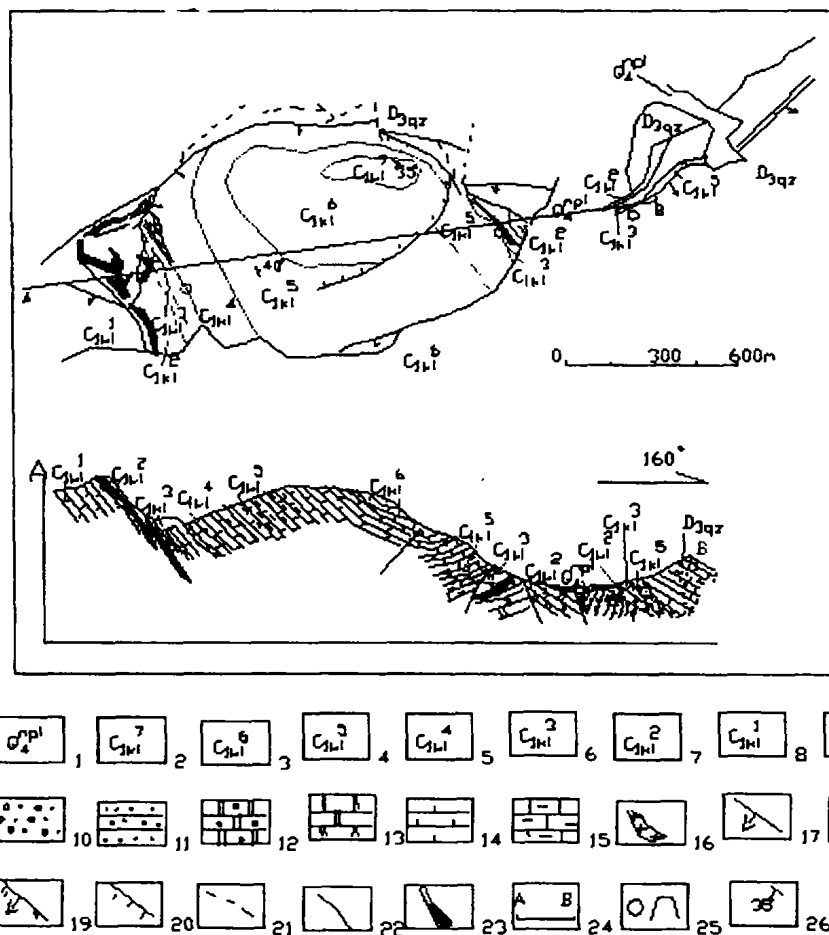


图 1 卡兰古矿床矿区地质图

Fig. 1 Geological map for Kalangu lead-zinc ore district

1—第四系冲、洪积物;2—下石炭统卡拉巴西塔克组第七岩性段;3—下石炭统卡拉巴西塔克组第六岩性段;4—下石炭统卡拉巴西塔克组第五岩性段;5—下石炭统卡拉巴西塔克组第四岩性段;6—下石炭统卡拉巴西塔克组第三岩性段;7—下石炭统卡拉巴西塔克组第二岩性段;8—下石炭统卡拉巴西塔克组第一岩性段;9—上泥盆统奇自拉夫组;10—砂砾及砂砾土;11—砂岩;12—白云质砾岩;13—白云岩及白云岩化灰岩;14—灰岩;15—泥质灰岩;16—辉绿岩脉;17—成矿前断层及产状;18—成矿前逆掩断层;19—成矿前正断层;20—成矿后断层;21—推测断层;22—地质界线;23—铅矿体及编号;24—剖面线位置;25—钻孔位置及编号;26—地层产状

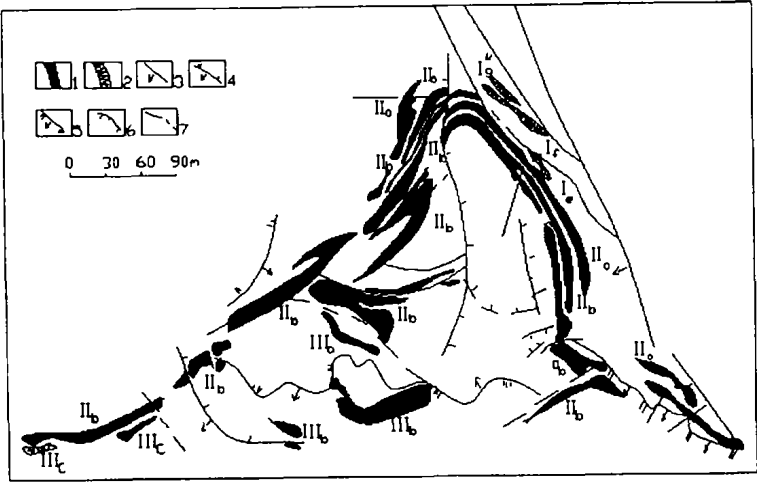


图 2 卡兰古铅锌矿床北矿段矿体分布图

Fig. 2 Distributed map of orebodies in north section of Kalangu lead-zinc deposit

1 - 表内矿体;2 - 表外矿体;3 - 成矿前断裂;4 - 成矿前逆断裂;5 - 成矿前正断裂;6 - 成矿后断层;7 - 推测断层

本次考察的主要对象;南矿段则规模较小,未作详细工作。据采矿人员反映两矿段相距约 1.3~1.5 km。

(1) 矿体特征

北矿段:包括 I、II、III 号矿脉(其中以 II 号矿脉为主),均位于向斜北翼(图 2)。各矿体总体产状与地层一致,受构造扭动以致弧形弯曲明显;成矿后断裂使矿体错开或加厚现象在井下各采矿场明显可见。

II 号矿脉具分枝复合现象,可分为 II<sub>a</sub>、II<sub>b</sub> 两主矿层(脉),矿体厚度较稳定,以矿体中部最厚,往两侧变薄,最小厚度过 1.78~2.45 m。II 号矿脉总平均品位 2.88%,其中 PbS 占本矿脉铅含量的 85%,PbSO<sub>4</sub> 占 0.24%;PbCO<sub>3</sub> 占 0.19% [1989,新疆地质矿产局],矿体产于第二岩性段白云岩中。

I 号矿脉:产于第一岩性段顶部之灰黑色白云岩化灰岩中,大多顺层产出,呈似层状、层状、扁豆状,沿走向、倾向变化较大,在地表出露零星,可分七个支脉,总平均品位 0.85%,其中 PbS 占本脉总铅的

76.5%,PbSO<sub>4</sub> 占 0.36%,PbCO<sub>3</sub> 占 0.17%。

III 号矿脉:主要赋存于第三岩性段砂岩及白云质砾岩中,呈小扁豆形,方铅矿呈浸染状矿化,矿脉分布零星,总平均铅品位 2.99%,在地表出露零星,有七个支脉。

南矿段:位于向斜的南翼,该段矿体共有六条矿脉,其中 3 条产于第二岩性段,第三岩性段灰岩中有铅矿脉 2 条,和下部的铜矿脉一条。其中以 1 号脉具工业价值(表 1)。

(2) 矿石类型、结构构造及矿物组成、共生关系

A. 矿石类型:主要有浸染状矿石、细脉状矿石、致密块状矿石,以及网脉状矿石等。方铅矿和深部闪锌矿具工业意义。

B. 结构构造:矿物结构多为他形粒状。其中,方铅矿的形成可分为两期:早期结晶较细且致密,后期结晶较粗、呈细脉状或团

块状,并穿插于早期形成的矿石之中;构造类型有浸染状、细脉状、致密块状、有的呈网脉状。

C. 矿物成分:主要为方铅矿,呈他形粒状,一般在 0.03 mm 以下粒径占 70%~80%,其次有黄铜矿、黄铁矿及一些次生矿物;脉石矿物主要为白云石、方解石。

D. 矿物共生关系:从标本观察,白云石和方解石都有两次形成期,并与其他矿物先后形成。矿物生成顺序为:白云石(或白云岩化)→黄铁矿→黄铜矿→致密块状方铅矿→白云石脉→闪锌矿→粗晶方铅

表 1 南矿段矿脉特征一览表

Table 1 Orebodies characteristics in south section of Kalangu lead-zinc deposit

矿脉 编号	规 模			形 态	矿 化 特 征	品位 (%)	产 状
	长(m)	宽(m)	厚(m)				
1	55~70	15	8 (平均)	似层状	产于 C <sub>14</sub> <sup>2</sup> 白云岩中,呈浸染呈散状矿化,主要矿物方铅矿,其次为黄矿、孔雀石		310°<45°
2	52	不详	2~6	脉状	产于 C <sub>14</sub> <sup>2</sup> 白云岩,为较密集的铅矿化	0.86	不详
3	55	不详	5	扁豆状		0.7	不详
4	744	不详	44	不规则	产于 C <sub>14</sub> <sup>3</sup> 含砾碳酸盐中,以方铅矿为主	2.5	不详
5	40	10	<10	不规则		1.4	不详
6		不详	0.5~5	不规则	产于 C <sub>14</sub> <sup>2</sup> 白云岩及硅化白云岩,方铅矿之下为铜矿化		不详

矿。

### (3) 围岩蚀变

围岩蚀变以白云岩化和硅化为主。并且矿化与硅化关系密切,硅化强者矿化也较好,整个矿区均有不同程度硅化存在。其中白云岩化主要以第三岩性段最为强烈,第一岩性段顶部及第三岩性段底部也具白云岩化作用。

白云岩化可分为三类:(a) 灰黑色白云岩化:为中-细粒等粒结构,粒径  $0.2\text{ mm} \pm$ ,主要分布于矿体外围和下盘边缘部分,为成矿前的产物,同时又有后期灰白色白云石重生,分布广泛。本套地层中  $\text{MgO}$  含量为  $2.49\%$ ,  $\text{CaO}$  含量为  $39.58\%$ 。(b) 灰白色粗-中粒状白云岩化:分布于第二岩性段,呈粉粒结构,粒径  $0.5 \sim 2\text{ mm}$ ,有时更粗,因而孔隙度较大,有利于成矿。本套地层中  $\text{MgO}$  含量为  $18.7\%$ ,  $\text{CaO}$  含量为  $26.58\%$ ,白云岩基本成层状、似层状与地层平行的脉状(KLCY-10);(c) 粗粒团块状的白云岩化:出现于第一岩性段顶部灰黑色灰岩中,与矿化关系不密切,本套地层中  $\text{MgO}$  含量为  $7.83\%$ ,  $\text{CaO}$  含量为  $11.17\%$ 。总体而言,白云岩化强弱与矿化的厚度、品位高低成正比,尤其是浅色粗粒状白云岩与成矿更为密切。

硅化:主要分布于白云岩或白云岩化灰岩中,与矿化关系密切。

该矿目前正由辽宁葫芦岛铅锌矿人员在开采,据已有资料研究,该矿区内铅的最高品位  $36.41\%$ ,平均  $2.95\%$ ;而 II 号矿体平均品位为  $2.88\%$ ,其它矿体平均品位大多小于  $2\%$ , (锌的平均品位仅为  $0.12\%$ ),并求得  $B + C_1 + C_2$  级铅矿石储量为  $\times \times \times . \times$  万 t (金属铅  $\times \times . \times$  万 t)。

## 4 与密西西比河谷型铅锌矿的对比

将卡兰古铅锌矿床与密西西比河谷型铅锌矿床进行对比研究(表 2),可知该铅锌矿属于密西西比河谷型铅锌矿无疑。

(1) 调查表明,矿床明显受岩性岩相变异带、高渗透带、白云岩化、逆冲断层褶皱带的控制,尤其在与区域构造线方向(NW-NNW 向)不一致的褶皱构造(NWW 向)中可能产有大型以上远景的铅锌矿床。

(2) 在卡兰古矿区新发现有典型的“雪顶构造”(snow-on-roof)(热液粗晶白云岩在上,铅锌矿在下)

等。

(3) 该矿床其成矿地质条件、主要矿化特征和控矿因素与北美密西西比河谷型铅锌矿极为相似。

(4) 由矿石和围岩元素含量分析结果(表 3)可知:矿石中含砷高,且与铅锌矿品位成正比,个别含砷高达  $0.98\%$ ;伴生银大多在  $(25 \sim 365) \times 10^{-6}$  之间;矿体厚度、品位与热液白云岩的厚度成正比。这说明成矿主要与热卤水作用有关。

(5) 其次,矿区内普遍出现石墨、沥青质,可见油田热卤水在成矿中也起了一定的作用。

## 5 铅、硫同位素分析

本次研究工作,通过对矿石中的方铅矿取样(编号 KLG:KB-2)分析(由宜昌地质矿产研究所测试),得到铅同位素比值为: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为  $18.059$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为  $15.676$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为  $38.482$ ,  $\phi$  值为  $0.615$ ,  $\mu$  值为  $9.66$ ,  $\text{Th}/\text{U}$  为  $3.95$ ,计算出表面年龄为  $508\text{ Ma}$ (早于泥盆纪  $438 \sim 410\text{ Ma}$ )。可见成矿作用过程中的主要成矿物质来源于前泥盆系地层(古老基底以及早古生代奥陶系)。硫同位素测试(样品编号 KLG:KB-2,由宜昌地质矿产研究所测试),得到矿石中方铅矿的  $\delta^{34}\text{S}-\text{CDT}$  为  $-5.44 \times 10^{-3}$ ,说明成矿主要与热卤水的作用有关。

## 6 结 论

综合上述分析,对于卡兰古铅锌矿床的成矿物质来源和成矿作用过程,可以得出如下几点认识:

(1) 成矿作用过程中的成矿物质 Pb、Zn 主要来源于前泥盆系地层(古老基底以及早古生代奥陶系)。

(2) 矿区内普遍出现石墨、沥青质,由此可以推测,油田热卤水在成矿中起了极到了一定的作用。

(3) 由矿石和围岩元素含量分析结果可知:矿石中含砷高,且与铅锌矿品位成正比,个别含砷高达  $0.98\%$ ;伴生银大多在  $(25 \sim 365) \times 10^{-9}$  之间;同时,矿体的厚度、品位与白云岩的厚度成正比,也说明了成矿作用主要与热卤有关。

(4) 相对于同一成矿带内的另一主要铅锌矿床——塔木铅锌矿(另文专述)来说,卡兰古铅锌矿的动力变质作用较强,不仅在岩层中多小褶曲,而且在矿化地段有大量石墨出现。且卡兰古矿床的铅锌矿体与顶底板界线不很清楚,尤其是在顶板处,铅锌主

表 2 卡兰古铅锌矿与密西西比河谷型(MVT)铅锌矿床特征对比

Table 2 Comparison of deposit characteristics between Kalangu and MVT type lead-zinc deposits

		卡兰古铅锌矿床	密西西比河谷型铅锌矿床
容矿 主岩	时代	主要为 C	主要为Є - O、D - C, 次为 S、P、T、J
	岩性	白云岩、白云质灰岩	白云岩, 很少为灰岩、砂岩
成因		后生 - 层控为主、同生为次	后生 - 层控
所处盆地部位		奥依塔格 - 库尔良盆地西缘, 较浅层次	盆地斜坡, 较浅层次
沉积岩相		裂谷斜坡和碳酸盐台地	碳酸盐台地相, 前陆冲断带或前缘周边部
矿床(体)规模		分布的群聚性, 单个矿床多为中小型, 在矿区内可能有大型矿床存在	分布的群聚性, 单个矿床多为中小型, 少数为大型, 矿区总体可大型 - 超大型
与岩浆活动关系		无关	无关
流体运移		大规模流体沿断裂带、可渗透带、岩相岩性变异带向上运移	大规模流体沿断裂带、页岩楔边部、盆内高地周边向上运移
沉积温度		中低温, 70 ~ 180℃、热异常	75 ~ 200℃, 热异常
流体性质		高密度、高盐度	高密度卤水, 含盐度 10% ~ 30%
矿石成分		方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、白云石、方解石、石英、炭质	闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、白铁矿、白云石、方解石、石英、炭质
矿石结构、构造		粗晶 - 细晶、块状 - 浸染状、角砾状、雪顶构造、溶蚀交代结构	粗晶 - 细晶、块状 - 浸染状、角砾状、斑马状、雪顶构造、溶蚀交代结构
围岩蚀变		白云石化、硅化、次石墨化	白云石化、溶蚀角砾岩化
控矿因素		(砂)页岩与碳酸盐岩的界面附近、灰岩向白云岩的转换带、断裂和破碎带	灰岩向白云岩的转换带、页岩楔、成矿前形成的角砾岩带、断裂和破碎带
成矿时代		海西期、喜马拉雅期	成岩后 200 Ma 以上, 与构造隆起同时

要呈胶结状、团块状出现, 而在角砾岩中很少见, 显然, 这与后期的成矿改造有关。

(5) 海西期、喜马拉雅期是区内两次最为重要的成矿阶段, 其中喜马拉雅期的逆冲推覆褶皱作用引发了大规模的热卤水运移循环, 特别是油田卤水与深层流体的混合导致了矿质的沉淀, 容矿最佳部位为断隆区、褶隆区, 以及与区域构造线不一致的褶皱轴部。

(6) 矿床明显受岩性岩相变异带、高渗透带、白云岩化、逆冲断层褶皱带的控制。因此, 白云岩化可以作为该区重要的找矿标志之一; 在与区域构造线方向(NW - NNW 向)不一致的褶皱构造(NNW 向)中应注意找寻大型以上远景的铅锌矿床。

参考文献:

1990 潘裕生. 西昆仑山构造特征与演化 [J]. 地质科学, 25(3):224 - 232.

表 3 卡兰古铅锌矿床围岩与矿石主要元素含量  
Table 3 Main elements contents in ores and wall rocks  
of Kalangu lead-zinc deposit

样品号	矿石/岩性	Cu	Pb	Zn	Ag ( $\times 10^{-9}$ )	Ni	As
KLCY1	白云岩下铅矿石	250	6.27%	0.12%	27	37	292
KLCY2	白云岩下铅矿石	50	4.06%	100	29	15	93
KLCY3	矿体上盘白云岩底部	150	2.22%	245	25	16	270
KLCY4	具白云石脉的铅矿石	60	5.02%	100	29	15	58
KLCY5	矿体下盘断层内铅矿石	150	7.66%	300	35	16	110
KLCY6	矿体下盘断层内铅矿石	380	4.58%	100	32	18	365
KLCY7	石墨化铅矿石	150	2.88%	0.42%	17	18	227
KLCY8	褐铁矿化灰岩	25	0.13%	110	365	15	27
KLCY9	上盘白云质灰岩	23	850	30	360	8	54
KLCy10	褐铁矿化角砾岩	21	0.21%	30	280	6	8.0
KLCY11	含炭灰岩	10	70	35	180	14	16
KLCY12	亮晶灰岩	21	140	30	120	5	10

资料来源: 本文; 测试单位: 新疆有色地质中心实验室; 元素含量单位: 除注明外, 一律为  $\times 10^{-6}$

1993 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志 - 区域地质[M]. 北京, 地质出版社.  
1996 何治亮, 刘继顺. 青藏高原油气地质条件与勘查方向[J]. 石油与天然气地质, 17(2): 87 - 95.  
1996 刘继顺. 喷流沉积成矿作用研究的若干问题 [J]. 矿

- 产与地质, 10(1): 6 - 10.
- 1996 丁道桂. 西昆仑造山带与盆地[M]. 北京, 地质出版社.
- 2000 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 喀拉昆仑山—昆仑山地区地质演化[M]. 北京: 科学出版社.

## METALLOGENESIS OF KALANGU MVT TYPE LEAD-ZINC DEPOSIT AND SOURCES OF MINEROGENETIC MATERIALS IN WESTERN KUNLUN

KUANG Wen-long<sup>1</sup>, LIU Ji-shun<sup>1</sup>, ZHU Zi-qiang<sup>1</sup> and LI Shi-hua<sup>2</sup>

(1. *Institute of Earth Science and Environment Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;* 2. *722 Geological Team, Geological Exploration Bureau of Guangdong Province, Shaotao 516026, China*)

**Abstract:** Kalangu MVT type lead-zinc deposit is situated to the tectonic connection of the west Kunlun orogenic belt and Tarimu block, belongs to the north section of Late Palaeozoic Aoyitage-Kuerliang fractured trough, is one part of the west Kunlun Kusilafu-Talong lead-zinc-copper minerogenetic belt. Based on the abundant information from detailed field investigation, measuring and indoor rock-mineral identifying, the authors regard that the minerogenetic matters come from the old basement and Early Palaeozoic Ordovician system. During the minerogenetic process, a large scale of hot brine moving, circulating caused by Himalayan reversed napped folds, especially when the oil field brine mixed with deep fluids, causes minerogenetic materials to be enriched and precipitated.

**Key words:** MVT; Kalangu lead-zinc deposit; Kusilafu-Talong Lead-zinc-copper minerogenetic belt; West Kunlun; Hot brine