

西昆仑晚古生代铜铅锌矿含矿建造及成矿机制*

Features of Mineral-bearing Formations and Metallogenic Mechanism of Upper Palaeozoic Copper-lead-zinc Deposits in Western Kunlun

印建平^{1,2,3} 李明² 李丰收² 王旭东²

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 新疆鑫汇地质矿业有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830011; 3 湖南有色地质勘查院, 湖南 长沙 410007)

Yin Jianping^{1,2,3}, Li Ming², Li Fengshou², Wang Xudong²

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Xinjiang Xinhui Geology and Mining Co. Ltd., Urumchi 830011, Xinjiang, China; 3 Hunan Geological Prospecting Institute of Nonferrous Metals, Changsha 410007, Hunan, China)

摘 要 西昆仑晚古生代铜铅锌矿主要分布在西昆仑北带, 是在元古界陆壳基底上形成的弧后裂谷带, 该带沉积了一套厚度巨大的双峰态海相火山岩系和浅海-滨海相细碎屑岩-碳酸盐岩建造, 主要成矿时期为泥盆纪末—石炭纪。该带发现 3 类含矿建造 6 个含矿层, 分别形成 VMS 型含铜黄铁矿、砂页岩型铜矿、碎屑岩-碳酸盐岩型铅锌(铜)矿。其成矿动力可能是因裂谷作用导致地壳减薄, 并引起地幔物质上涌而形成的地幔热柱, 它不但从深部带来了成矿物质, 更重要的是其热动力激活了周边成矿物质, 使成矿流体得以顺利运移到洼地淀积。

关键词 晚古生代裂谷 含矿建造 成矿机制 西昆仑

西昆仑地处塔里木板块与羌塘—扬子板块的交接部位, 以库地北、康西瓦断裂为界, 可将西昆仑山分为北带、中带、南带。晚古生代, 西昆仑北带为弧后裂谷(盆地), 发育一系列不同类型的层状铜矿、铅锌矿(图 1), 是西昆仑地区极具找矿潜力的有色金属成矿带, 是当今地质学界十分关注, 而地质勘查和研究程度又很低的热点地区, 本文试图根据其构造演化和含矿岩石建造特征探讨西昆仑晚古生代铜铅锌矿的成矿机制, 以期指导矿产勘查。

1 构造演化及晚古生代裂谷作用

1.1 构造演化

依据笔者对西昆仑区的野外调研认识并综合前人研究成果(姜春发等, 1992; 潘裕生, 1990; 杨克明, 1994), 其构造演化为:

早元古代末: 塔里木古陆与塔什库干—唐古拉古陆结晶基底形成, 均为一套深变质岩系; 中元古代长城纪开始, 塔里木古陆南缘发生裂解, 羌塘—扬子板块沿康西瓦断裂分离, 北侧(昆中、昆北带)为一套中深变质的片岩、片麻岩、大理岩、变质砂岩及石英岩, 厚度大于 6000 m, 其中长城系沉积了一套厚达 3500 m 的细碧-角斑岩系(杨克明, 1994); 南侧(昆南带)为一套浅变质的砂岩、碳酸盐岩、千枚岩及硅质岩, 厚度大于 4000 m, 并缺失中元古代晚期的沉积; 新元古代末至早古生代末, 康西瓦断裂北侧隆起, 出现沉积间断, 但有一系列加里东和海西期的岩浆活动记录, 而南侧沉积层序完整, 据此笔者推断此期羌塘—扬子板块可能以洋—陆碰撞形式开始沿康西瓦断裂向北俯冲, 导致公格尔—柳什塔格地块隆起。

晚古生代开始, 羌塘—扬子板块继续向北俯冲, 形成了公格尔—柳什塔格陆缘岛弧和奥依塔格—库尔良弧后边缘海盆地。至石炭纪, 后者逐步演化形成弧后裂谷, 并在不同的岩石建造中形成了一系列不同类型的层状铜铅锌多金属矿床。

三叠纪, 羌塘—扬子板块与塔里木板块沿康西瓦断裂拼合并发生造山运动(陆-陆碰撞), 引发了区内一次强烈的构造变形, 它改变了塔里木盆地古生代以 EW—NEE 向构造格局占主导地位的面貌, 形成了一系列以 NW 向为主的大型正负构造带; 新第三纪之后, 受印度板块向欧亚板块碰撞的影响, 喜马拉雅构造运动造成区内强烈的挤压、褶皱和大规模的逆冲推覆构造变形, 形成了一系列叠瓦状高角度逆冲断裂并造山隆起。

1.2 西昆仑北带晚古生代裂谷作用

西昆仑北带在晚古生代时期处于羌塘—扬子板块向北俯冲的弧后盆地位置, 受俯冲牵引的影响, 该带出现引张、下沉现

* 本文得到了国土资源大调查项目 200210200021 和新疆鑫汇地质矿业有限责任公司“西昆仑有色金属矿产成矿条件及靶区优选”项目的资助
第一作者简介 印建平, 男, 1964 年生, 高级工程师, 博士生, 从事有色、贵金属矿产勘查及区域成矿学研究。

象,形成一条狭长的沉降带,呈 NW—NWW 向展布,两侧被大断裂夹持,基底为前寒武纪陆壳,沉积了一套厚度巨大的晚古生代浅海-滨海相碎屑岩-碳酸盐岩建造,其中,在昆盖山北坡、库尔良一带石炭纪发育一套双峰态海相火山岩系,属元古界陆壳基底上形成的弧后裂谷。

裂谷作用始于泥盆纪,高峰活动于石炭纪,止于二叠纪末。其中激烈活动的石炭纪由于地壳拉张作用的差异,造成了裂陷带沉积相的差异,总的特征是东、西两端裂陷下沉幅度大,中间幅度小,沿走向显示一“凸”形构造格架,按其沉积建造特点,可分为两种沉积建造类型:一类是优地槽型沉积;另一类是冒地槽型沉积。

优地槽型沉积:主要分布于裂谷带西段昆盖山北坡和东段库尔良区,以发育一套石炭纪双峰态海相火山岩和滨海~浅海相沉积岩建造为特色,并有少量基性、酸性侵入岩岩脉分布,其中火山岩系为玄武岩—安山岩、流纹岩组合,蚀变后为一套细碧角斑岩系。西段(昆盖山北坡):以火山岩系为主,沉积岩为辅(多以夹层出现),早石炭世(下部)火山岩以厚层枕状石英拉斑玄武岩为主,枕状构造极发育,同时有放射虫硅质岩和含铁碧玉岩,显示为形成于深水环境;晚石炭世(上部)以中酸性火山碎屑岩为主,次为火山熔岩,枕状构造不发育,显示形成于相对浅水环境。东段(库尔良区):以沉积碎屑岩夹碳酸盐岩为主,火山岩为辅(多以夹层出现),其中火山岩为大陆裂谷钠质碱性玄武岩,属深水-半深水沉积环境(Brown, 1997),特征类似于西段,但研究程度相对较低。

冒地槽型沉积:主要包括盖孜—恰尔隆、塔木—卡兰古两个区,两区均以一套浅海相的碎屑岩—碳酸盐岩为特色,除了零星几处有基性和酸性侵入岩脉外,基本没有火成活动,其中盖孜—恰尔隆区处于盆地边缘,以碎屑岩为主,碳酸盐岩为辅,特别是在盖孜一带因长期处于氧化环境,出现了紫红色、褐红色、猪肝色等杂色碎屑岩与灰白色碎屑岩互层的岩石组合;塔木—卡兰古区处于浅海台地相区,以碳酸盐岩为主,碎屑岩次之,并大量出现含碳质的泥质岩石、内源砾石、同生硅质砾石、泥质碳酸盐类岩石等。

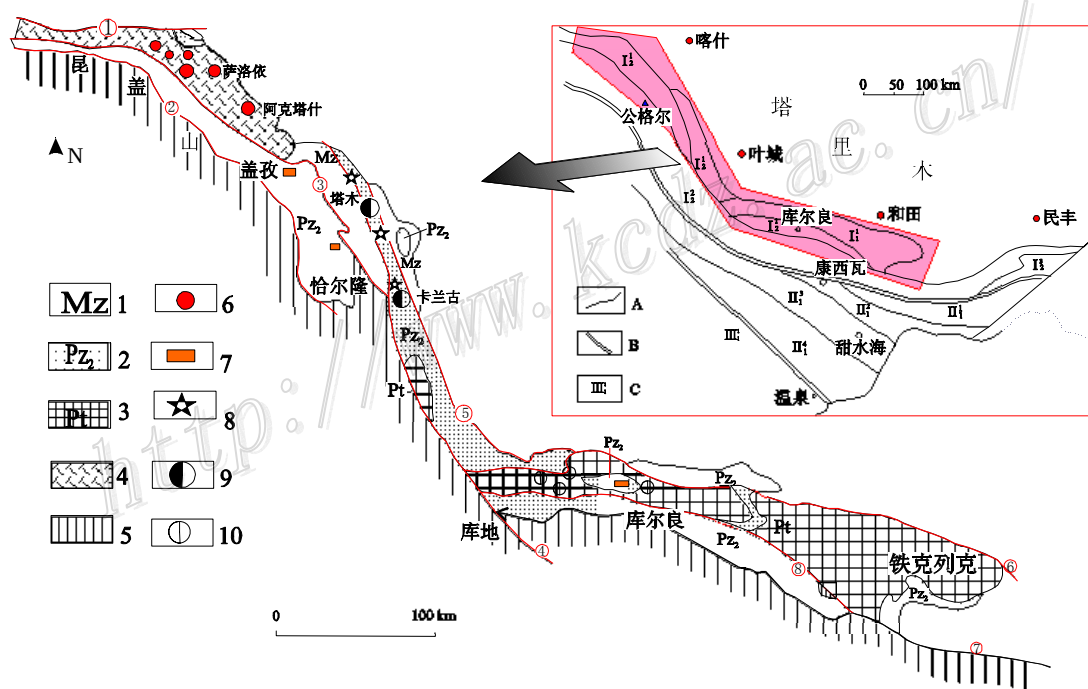


图1 西昆仑北带晚古生代地质矿产略图

A—构造单元及构造界线; B—缝合带; C—构造单元编号。I₁—塔里木地块; I₁¹—铁克里克陆缘隆起; I₂—塔里木南缘活动带; I₂¹—北昆仑晚古生代陆缘裂谷带; I₂²—公格尔-什塔格中间地块; I₂³—上其汗早古生代岛弧; II₁—羌塘地块; II₁¹—阿什库勒晚古生代陆缘盆地; II₁²—巴颜喀拉早中生代陆缘盆地; II₁³—阿克赛钦中间地块; II₁⁴—喀喇昆仑中生代陆缘盆地; III₁—冈底斯板块。1—中生界地层; 2—晚古生代地层; 3—元古宇地层; 4—石炭系火山岩; 5—前寒武系地层及多期复合岩弧; 6—VMS含铜黄铁矿矿床; 7—砂页岩型铜矿; 8—砂岩型铜铅矿; 9—碳酸盐岩型铅锌矿; 10—其他类型铁铜矿床。主要断裂名称: ①乌孜别里山口断裂; ②布仑口断裂; ③克孜勒陶-库斯拉甫断裂; ④塔木-恰特断裂; ⑤科克然-他米棋断裂; ⑥赛拉加兹卡断裂; ⑦柯岗断裂; ⑧卡拉克断裂

2 含矿岩石建造及其控矿规律

根据已知矿床、矿点产出特点,西昆仑北带从西到东可划分如下几个矿带:阿克塔什—萨洛依含铜黄铁矿带、特克里曼

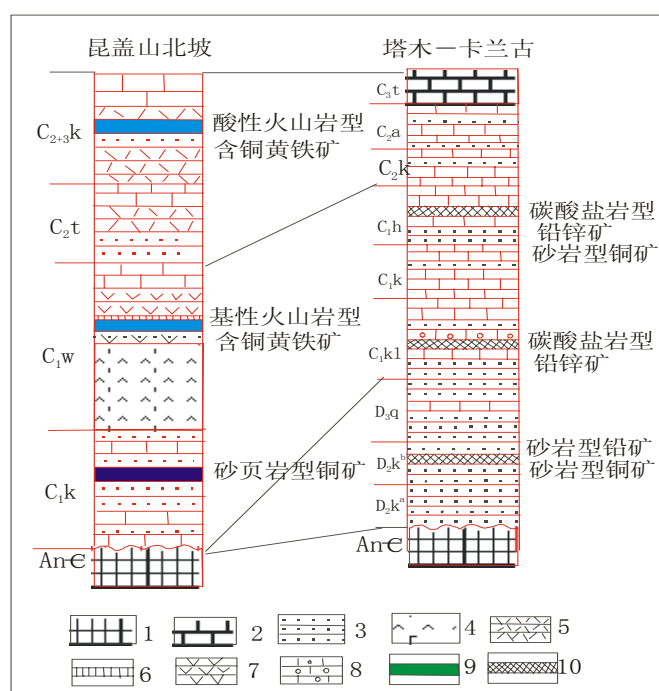


图2 西昆仑晚古生代铜铅锌矿含矿岩石建造对比图

1—前寒武纪基底；2—灰岩；3—砂、砾岩；4—枕状玄武岩；5—中酸性火山熔岩；6—碧玉岩；7—火山碎屑岩；8—含砾碳酸盐岩；9—含铜黄铁矿、铜矿；10—铅锌铜矿

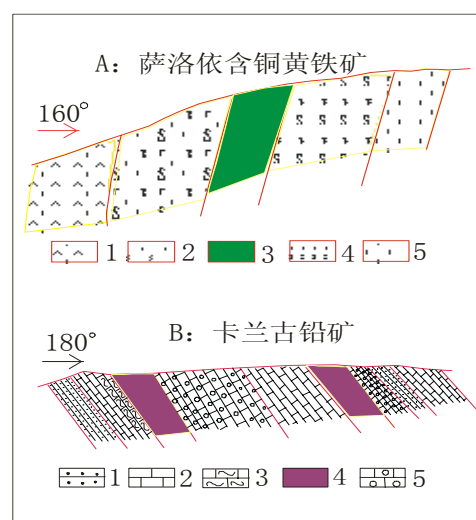


图3 西昆仑晚古生代铜铅锌矿含矿岩石素描简图

A (贾群子等, 1999): 1—枕状、块状玄武岩；2—绿帘石化、黄铁矿化玄武岩；3—含铜块状硫化物；4—含黄铁矿碧玉岩；5—玄武岩质凝灰岩。B: 1—细砂岩；2—灰岩；3—泥灰岩；4—角砾状灰岩中的铅矿；5—含石英砾、灰岩砾的砂质灰岩

苏铜矿带、塔木-卡兰古铅锌(铜)矿带。目前已发现3类含矿岩石建造,共6个含矿层,现分述如下。

2.1 海相火山岩建造及VMS型含铜黄铁矿

本区海相火山岩主要分布在昆盖山北坡和库尔良地区。目前发现的VMS型矿床主要分布在昆盖山北坡陆缘裂谷盆地石炭纪双峰态海相火山岩系中,含矿岩石建造可分为上、下两段,如图2所示:①下段为下石炭统乌鲁阿特组(C_{1w}):厚达4000 m,以发育基性火山岩为特色,岩石以细碧岩(枕状玄武岩)为主,其次为安山岩(角斑岩)及火山碎屑岩,夹碳酸盐岩和含铁硅质岩透镜体,火山岩显示为拉斑质(TH)+钙碱质(CA)的岛弧火山岩系列组合(贾群子等, 1999),具洋壳性质,形成的矿床为含铜黄铁矿型,并常伴有强烈的绿泥石化、绿帘石化、硅化和碳酸盐化等热液蚀变,矿体的直接围岩为两层枕状玄武岩间的基性火山碎屑岩,如萨洛依、大勒大等块状硫化物矿点,如图3A所示;②上段为中上石炭统克孜里奇曼组(C_{2+3k}):视厚度1369 m,以发育中酸性火山岩为主,基性火山岩次之,枕状构造不发育为特色,岩石以玄武岩、安山岩和英安岩、流纹岩(石英角斑岩)的岩石组合为特征,属钙碱质火山系列,为铜型块状硫化物矿床的赋矿层,如阿克塔什铜矿,含矿段为中上部(第三岩性段)石英角斑岩和石英角斑质凝灰岩,且多已变质成绢云石英片岩和绿泥石英片岩,伴生的热液蚀变主要为硅化、绢云母化、碳酸盐化,类似矿点如卡斯卡苏含铜黄铁矿点等。

这类矿床的金属矿物均以黄铁矿、黄铜矿为主,少量辉铜矿、斑铜矿;成矿元素主要为铜、硫,基本不含铅锌;矿体呈层状,与围岩呈整合接触。

2.2 砂岩建造及砂岩型铜矿

砂岩型铜矿的共同特征是产于古陆边缘,并与裂谷作用有关,含矿岩石均为“红层”建造,铜矿主要分布在紫红色与灰白色砂岩互层的灰白色砂岩中(Kirkham, 1989; Brown, 1997)。本区砂岩型铜矿主要分布在盖孜-哈尔隆一带,含矿建造属下石炭统库山河群(C_{1k}):下部以碳酸盐岩为主夹紫红色细碎屑岩;上部以紫红色、灰白色石英砂岩、粉砂岩等细碎屑岩为主夹灰岩,是砂岩型铜矿的主要赋存层位,如特克里曼苏铜矿,含矿岩石建造由紫红色的含铁质细砂岩、灰白色含铜石英砂岩和黑色页岩组成,中间夹厚层砂砾岩及角砾岩,底部为杂色的泥质灰岩、板岩、页岩互层,含菱铁矿,该层岩相变化大。矿体严格受层位控制,顺层产出。矿石矿物黄铜矿、辉铜矿、黝铜矿呈浸染状、网脉状分布于红层建造中的灰色石英细砂岩中,特克里曼苏铜矿平均含铜1.26%,围岩蚀变为方解石化、硅化、绢云母化、高岭土化。

另一个铜矿化层是中上泥盆统奇自拉夫群海陆交互相杂色碎屑沉积岩系,如皮山县芒沙铜矿化点。铜矿化沿着紫红色砂

砾岩中的灰绿色粉砂岩和钙质石英砂岩夹层断续产出,铜矿化为稠密浸染状及稀疏浸染状,铜矿物主要为黄铜矿,其次为自然铜,地表有孔雀石,含铜品位为0.6%~1.1%,但目前所发现的这类矿化规模不大。

2.3 碎屑岩-碳酸盐岩建造及铅锌铜矿

主要分布在塔木—卡兰古区,有3个含矿层,如图2所示:①中泥盆统克孜勒陶上亚组(D_2k^b):厚大于1667 m,为开阔陆棚浅海相沉积环境,岩性为富含钙质的细碎屑岩夹碳酸盐岩,岩石组合为钙质砂岩、粉砂岩、泥岩、生物碎屑灰岩等,主要为铜铅(锌)容矿层位,直接含矿围岩是砂岩、砂砾岩,如铁克列克、卡拉塔什、乌苏里克等铅(铜)矿点;②下石炭统卡拉巴西塔克组(C_1kl):厚179.84~494.85 m,北厚南薄,为滨外陆棚浅海相沉积环境,主要为白云岩、白云质灰岩、含砾灰岩、生物碎屑灰岩,仅在底部夹有少量钙质粉砂岩和砂岩,由下往上为海进层序,还原环境,为层状铅锌赋矿层,如塔木、卡兰古铅锌矿床,含矿岩石为白云质灰岩、碎裂状白云岩、含砾(石英、灰岩砾)砂质灰岩,角砾状灰岩,如图3B所示;③和什拉甫组(C_1h):厚约578.35 m,为陆棚浅海相沉积环境,由一套碳酸盐岩夹碎屑岩组成,下部以粉砂岩、含砾长石石英砂岩为主夹薄层灰黑色薄层灰岩和泥灰岩,上部为厚层状微晶灰岩和白云岩,铅(铜)矿化主要赋存于砂砾岩与白云岩过渡部位,并靠白云岩一侧,如阿帕列克铅铜矿点,下部靠砂岩一侧为铜矿,靠白云岩一侧为铅矿。

塔木—卡兰古铅锌矿带呈NNW-SSE向展布,长约130 km,宽5~10 km,矿床产出明显受地层层位和岩性控制,矿带上几乎无岩浆活动,仅卡兰古矿区有规模很小的辉绿岩脉出露,多数矿床以碳酸盐岩为容矿主岩,部分以碎屑岩为容矿主岩。

以碳酸盐岩(白云岩、白云质灰岩、灰岩)为容矿主岩的矿床主要金属组分为铅、锌,少量银,几乎不含铜,如塔木铅锌矿, w_{Pb} 平均2.94%,最高36.65%, w_{Zn} 4.11%,最高38.23%, w_{Ag} $(22\sim356)\times 10^{-6}$, 卡兰古铅锌矿, w_{Pb} 平均2.88%,最高36.41%, w_{Zn} 1.0%~2.76%, w_{Ag} $(27\sim35)\times 10^{-6}$ 不等,矿石矿物主要为方铅矿、闪锌矿、少量黄铁矿,其中黄铁矿的胶状、草霉状构造发育(祝新友,1998),大部分金属矿物多以胶结物形式出现在矿石中,围岩蚀变主要为白云石化、硅化,其特征与MVT型铅锌矿床类似。

以碎屑岩(砂岩、砂砾岩)为容矿主岩的矿床有两个含矿层,其一为中(上?)泥盆统(D_2k^b)千枚岩、石英岩,石英砂岩组合,另一个为下石炭统(C_1h)厚层白云岩夹砂岩组合,主要金属组分为铅、铜,很少有锌,两者常常相伴出现,且总是上铅下铜分布,并主要以铅为主,大部分矿点的铜矿化较弱,因此不同于砂页岩型铜矿,矿石矿物主要为方铅矿、黄铜矿、铜蓝等,少量黄铁矿,呈浸染状、角砾状、团块状产出,且金属矿物多以胶结物形式出现在矿石中。围岩蚀变仅微弱硅化,如铁克列克铅(铜)矿、阿帕列克铜矿、卡拉塔什铅矿等。

综上所述,这类矿的共同特征是:①赋矿层上常有一层含(石英、白云岩、灰岩)砾岩层;②铜矿主要赋存在砂岩层中,铅则既可在砂岩中,也可在白云岩或灰岩,而锌只出现在白云岩或灰岩中;③矿石矿物主要以胶结物形式出现在碎裂状白云岩、石英砾等角砾之间,并常有块状铅锌矿出现,且块状铅锌矿多为细粒状结构。

3 成矿机制讨论

3.1 成矿时代讨论

根据本区矿体呈层状产出,并随古生代地层褶皱而褶皱的特点,成矿应在二叠纪末期的构造变形之前已经形成。对VMS含铜黄铁矿矿床中的硫化物进行铅同位素单阶段演化模式计算(Brown, 1997),萨洛依铜矿的年龄为310~391 Ma,平均为363 Ma;阿克塔什层状含铜矿化体的年龄为290~360 Ma,平均330 Ma,分别与早、晚石炭世基本一致。砂页岩型铜矿目前尚无成矿年龄数据,根据其赋矿层的年龄,即下石炭统库山河群的年龄理论上应与杜内世相当,在362.5~349.5 Ma之间,成矿年龄不会早于早石炭世。对碎屑岩—碳酸盐岩型铅锌铜矿而言,根据生物化石确定的赋矿地层最晚为早石炭世,故它的成矿年龄也不会早于早石炭世。

综上所述,区内的主要成矿时代可初步定为泥盆纪末期至石炭纪,并主要在石炭纪期间。

3.2 成矿机制初步分析

VMS型含铜黄铁矿、砂页岩型铜矿、碎屑岩—碳酸盐岩型铅锌铜矿在空间上紧密相伴并成带分布在古陆边缘的弧后裂谷盆地,这种成矿现象在国内外尚无可靠对比的事例,这到底是一种巧合?还是有着必然的成因联系?笔者认为,西昆仑北带晚古生代铜铅锌成矿系统(翟裕生,1999)的成矿动力是因裂谷作用导致地壳减薄,并引起地幔物质上涌而形成的地幔热柱,它不但从深部带来了成矿物质,更重要的是其热动力激活了周边成矿物质,使成矿流体得以顺利流动到沉积洼地沉积成矿;成矿物质可能有几个来源:一是陆壳基底的风化物,二是幔源物质,三是海水细菌还原硫;成矿运移通道是裂谷活动期间的同生断层;根据Cu-Pb-Zn这几种元素的化学活泼性,Cu最不稳定,首先进入成矿流体并首先沉淀,然后逐步是PbZn;来自于下部的热流体沿着两个方向运移,一是从下向上热液直接运移到海底,形成层状块状硫化物矿床(VMS);二是沿下部砂岩透水层向上迁移,由于地层上部形成了不透水的隔挡层,如黑色页岩,首先在砂岩中形成砂岩型铜矿,而砂岩与灰岩交接带的断裂裂隙中则形成块状铅(锌)矿、角砾状铅铜矿,在砂岩层上部碳酸盐岩中形成铅锌矿。富含铜铅锌的成矿流体

就是在不断卸载铜→铜铅→铅锌的过程中最终形成不同类型的 VMS 型含铜黄铁矿→砂岩型铜矿→碳酸盐岩型铅锌矿。

印支运动对已成矿床主要起改造叠加的作用，许多矿床在此期的一些构造有利部位进一步富集。而喜山运动对已成矿床主要起破坏作用，特别是一些逆冲推覆构造使区内许多矿床中的矿体发生长距离的位移，在找矿中应引起特别注意。

这一成矿系统的基本观点是 VMS 型（和 Sedex 型？）矿床是同生沉积成因的，赋矿岩石时代相对较新，其他砂岩型、碎屑岩-碳酸盐岩型矿床均为后生成因，赋矿岩石时代相对较老。目前所发现的昆盖山北坡 VMS 型含铜黄铁矿的容矿主岩时代为 C_1-C_{2+3} ，而特克里曼苏砂岩型铜矿及碎屑岩-碳酸盐岩型铅锌铜矿的容矿主岩时代为 D_2-C_1 。

4 结 语

纵上所述，可得出如下几点结论：① 西昆仑北带晚古生代裂谷作用形成了一系列不同类型的层状铜铅锌矿床，目前已发现 3 类含矿建造 6 个含矿层，其中 VMS 型含铜黄铁矿是同生成因的，而砂岩型铜矿、碎屑岩-碳酸盐岩型铅锌（铜）矿是后生成因的；② 裂谷作用事件是成矿的主要动力；③ 建议在昆盖山北坡、特克里曼苏、塔木—卡兰古矿带及勘查程度极低的库尔良区可重点开展以铜铅锌矿为主的勘查工作。

参 考 文 献

- 贾群子, 等. 1999. 西昆仑块状硫化物矿床成矿条件和成矿预测. 北京: 地质出版社.
- 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵, 等. 1992. 昆仑开合构造. 北京: 地质出版社.
- 潘裕生. 1990. 西昆仑构造特征与演化. 地质科学, 3: 224~231.
- 杨克明. 1994. 论西昆仑大陆边缘构造演化及塔里木西南盆地类型. 地质论评, 40(1): 9~17.
- 翟裕生, 邓 军, 李晓波. 1999. 区域成矿学. 北京: 地质出版社.
- 祝新友, 汪东坡, 王书来. 1998. 新疆阿克陶县塔木-卡兰古铅锌矿带矿床地质和硫同位素特征. 矿床地质, 17(3): 205~213.
- Brown A C. 1997. World-class sediment-hosted stratiform copper deposits: characteristics, genetic concepts and metallogenesis. Australian Journal of Earth Sciences, 44: 317~328.
- Kirkham R V. 1989. Distribution, settings and genesis of sediment-hosted stratiform copper deposits. In: Boyle R W, ed. Sediment-hosted, stratiform copper deposits. Geological Association of Canada, Special Paper 36. 3~38.