

# 祁连造山带早古生代矿床成矿系列与演化\*

闫海卿<sup>1,2</sup> 余吉远<sup>2</sup> 李文渊<sup>3</sup> 焦建刚<sup>2</sup> 汤华<sup>3</sup>

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 长安大学, 陕西 西安 710054; 3 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

**摘要** 祁连山造山带是中国的一个重要构造成矿带。文章依据成矿构造环境, 结合区域主要矿种分布及其成矿类型和成矿时代等特征, 应用矿床成矿系列理论, 将祁连造山带北祁连早古生代汇聚陆缘铜、铅、锌、钨(钼)、金、蛇纹石成矿带和南祁连早古生代陆缘裂解带铜、镍(铂族)、铬、金、稀土、黄铁矿成矿带中的矿床划归为6个成矿系列。在成矿系列、亚系列总结论述基础上, 探讨了造山带早古生代区域成矿及成矿系列演化规律。

**关键词** 祁连山 早古生代 成矿系列 构造与成矿制约 演化规律

祁连山造山带以其重要的大地构造位置和丰富的金属矿产资源而一直受到国内外地质学家的重视和关注。本文在古生代成矿作用专题研究项目实施的基础上, 总结出该区古生代成矿系列及演化特点, 以期该区今后矿产资源调查工作的开展提供依据。

## 1 成矿地质背景

加里东期祁连造山带由北至南可划分为走廊弧后背盆、北祁连沟弧盆系和中-南祁连被动陆缘带3个地质构造单元。走廊弧后背盆具有与阿拉善地块同样的基底, 中、上寒武统为火山岩夹深海碎屑岩及硅质岩(复理石建造); 奥陶系为厚层红色陆源碎屑岩和结晶灰岩。

北祁连沟弧盆系是自震旦纪—中寒武世大陆裂谷体制下发展起来的。晚寒武世—中晚奥陶世出现大量岛弧型火山岩、蛇纹岩系、俯冲杂岩及火山碎屑岩组合; 志留纪为厚层残余海盆相复理石建造; 泥盆纪为磨拉石建造; 石炭纪—三叠纪为稳定环境下的灰岩、砂岩、页岩和煤层沉积。这些地层建造标志着北祁连沟-弧-盆系的生成、发展到消亡的过程。

中-南祁连被动陆缘带(包括中祁连地块、南祁连陆内或陆缘裂谷带)基底为太古代—元古代中深变质的成熟岛弧、弧后背盆环境下火山岩-细碎屑岩-碳酸岩沉积组合(郭进京等, 1999)。盖层为古生代类蛇纹岩和双模式火山岩建造及零星陆相上叠盆地沉积, 加里东期花岗岩发育(图1)。

## 2 区域主要矿床及分布

**2.1 曹家口金矿:** 位于宁夏中宁县境内的走廊弧后背盆带, 含矿建造为中寒武统香山群陆缘裂陷盆地复理石建造, 矿床类型为热液蚀变型金银矿, 成矿时代为中寒武世(贾群子等, 2002)。

**2.2 天鹿铜矿:** 位于甘肃肃南县境内的北祁连沟-弧-盆系, 含矿建造为中志留世肮脏沟组复理石建造和泥盆系磨拉石建造, 属沉积型铜矿, 成矿时代为中志留世—泥盆纪。

\*本文获中国地质大调查综合研究项目“中国成矿体系与区域成矿评价”之“古生代成矿作用”项目(编号: K1.4-3-2)和“中国超大型镍铜铂岩浆硫化物矿床预测研究”项目(编号: 200110200058)资助

第一作者简介: 闫海卿, 男, 1963年生, 硕士, 中国地质大学(北京)在读博士, 长安大学讲师, 主要从事矿床学和岩石学教学和研究工作。  
E-mail: haiqingyan@sohu.com。

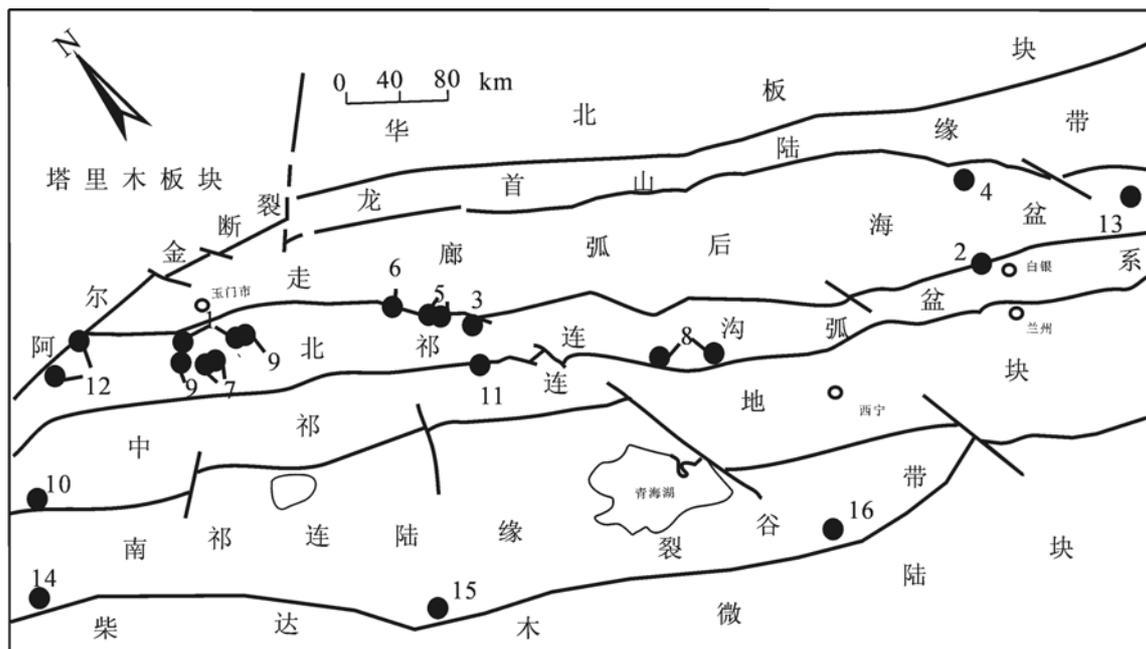


图1 祁连造山带构造格架及早古生代矿床分布图(据汤中立, 1999年改编)

1—桦树沟-柳沟峡铜矿; 2—白银厂铜多金属矿; 3—清水沟铜及多金属矿; 4—猪咀吧铜及多金属矿; 5—九个泉-石居里铜及多金属矿; 6—天麓铜矿; 7—打东沟-吊大坂铅锌矿; 8—红沟-蛟龙掌铜及多金属矿; 9—塔尔沟-小柳沟钨矿; 10—大道尔吉铬铁矿; 11—玉石沟铬矿及蛇纹石矿; 12—寒山-鹰咀山金矿; 13—曹家口金矿; 14—滩间山金矿; 15—锡铁山铅型矿; 16—上庄稀土矿

Fig.1 Tectonic framework of Qilian orogenic belt and distribution of Early Paleozoic mineral deposits

2.3 白银铜铅锌多金属矿: 位于北祁连沟-弧-盆系, 含矿建造为早-中寒武世细碧角斑岩系及火山碎屑岩建造, 复合热液对流循环成矿, 成矿时代为早加里东期。

2.4 石居里、九个泉铜矿: 位于甘肃肃南县境内, 即相当于走廊弧后背盆带, 含矿建造为中奥陶世基性火山岩及火山碎屑岩建造, 海底热卤水裂隙喷流成矿或蛇绿岩型矿床(夏林圻等, 2001), 成矿时代为早加里东期。

2.5 塔尔沟、小柳沟钨矿: 矿区位于北祁连沟-弧-盆系, 矿床赋存于前寒武系古陆块中。含矿建造为前寒武系基底碎屑岩建造, 属岩浆期后热液矿床, 成矿时代为奥陶纪(毛景文等, 1999)。

2.6 红沟铜矿: 大地构造位置属中-南祁连陆缘、陆内裂谷带; 含矿建造为奥陶系细碧角斑岩建造, 属VMS型矿床, 成矿时代为奥陶纪。

2.7 大东沟、吊大坂铅锌矿: 位于北祁连沟-弧-盆系, 产于前寒武系古陆块中。含矿建造为前寒武系基底碎屑岩建造, 沉积-改造型矿床, 成矿时代为早加里东期(汤中立等, 1999)。

2.8 大道尔吉铬铁矿: 位于中-南祁连被动陆缘带, 含矿建造为由橄榄岩、单辉辉石岩、辉长岩组成的蛇绿岩残片, 属于蛇绿岩型矿床, 成矿时代加里东期。

2.9 黑刺沟、贾公台金矿: 位于中-南祁连被动陆缘带, 含矿建造为下古生界奥陶系和志留系火山碎屑岩, 属蚀变岩型金矿和石英脉型金矿, 成矿时代为加里东晚期。

2.10 锡铁山铅锌矿: 位于青海省境内, 大地构造位置属中-南祁连被动陆缘带; 含矿建造为晚奥陶统中酸性、基性火山-碎屑岩建造。属喷气-沉积型矿床, 成矿时代为加里东晚期。

2.11 上庄稀土矿床: 位于青海省境内, 大地构造位置属中-南祁连被动陆缘带, 产于拉鸡山陆内裂谷带的铁质超基性岩中, 属伟晶岩型岩浆热液矿床, 成矿时代为加里东期。

### 3 成矿系列划分

根据古生代时期大地构造背景、矿床成因内在组合联系及区域分布等实际情况，结合祁连成矿省古生代区域构造演化和南、北格局的地质背景特征，可将祁连造山带的区域成矿划分为北祁连早古生代汇聚陆缘铜、铅、锌、钨（钼）、金、蛇纹石成矿带和南祁连古生代陆缘裂解铜、镍（铂族）、铬、金、稀土、黄铁矿成矿带两个古生代的成矿系统，进一步可划分出 9 个成矿系列和亚系列。具体划分如下（表 1）。

表 1 祁连造山带早古生代矿床成矿系列划分

Table 1 Classification of metallogenic series of Early Paleozoic mineral deposits in Qilian orogenic belt

成矿带及成矿系列	成矿背景	典型矿床	矿床式	成矿时代
北祁连早古生代汇聚陆缘铜钨（钼）铅锌金银、蛇纹岩成矿带				
与中寒武统香山群复理石建造有关金银成矿系列 QL1	被动大陆边缘，碰撞造山	曹家口中型热液蚀变型金银矿床	曹家口式	加里东早期
与中志留统肮脏沟组磨拉石建造有关铜成矿系列 QL2	前陆盆地	天鹿中型沉积型铜矿床、童子坝中型石英脉型金矿床	天鹿式	加里东晚期-华力西期
与加里东期海相火山岩、侵入岩有关的铜铅锌钨金银钼、蛇纹岩成矿系列 QL3				
与加里东早-中期海相火山岩、蛇绿岩有关的铜铅锌金银、蛇纹岩成矿亚系列 QL31	岛弧、弧后盆地 碰撞造山	白银厂、折腰山、火焰山、小铁山、尕大板、石居里、错沟铜铅锌、铜锌、铅锌矿床和玉石沟特大型蚀变型蛇纹岩矿床	折腰山式 小铁山式 石居里式 玉石沟式	加里东早-中期
与加里东中晚期花岗岩及蚀变岩石有关的钨（钼）铜金成矿亚系列 QL32	大陆岩浆弧 碰撞造山	小柳沟、塔尔沟大型矽卡岩白钨（钼）矿床；桦树沟铜矿床；大东沟铅锌矿床；寒山、鹰咀山金矿床	小柳沟式 桦树沟式 寒山式	加里东晚期-华力西期
南祁连早古生代陆缘裂解带铜镍（铂族）、铬、金、稀土、黄铁矿成矿带				
与加里东晚期火山建造和蚀变岩石有关的铜铅锌金成矿系列 QL4	陆缘裂谷	红沟 VMS 型铜矿床、蛟龙掌 VMS 型铅锌矿床、松树沟南金矿床、陈家庙铜矿床	红沟式 蛟龙掌式	加里东晚期
与加里东期超基性岩及中奥陶统复理石建造有关的铬金成矿系列 QL5				
与加里东期蛇绿岩有关的铬成矿系列 QL51	弧后盆地（蛇绿岩残片）	大道尔吉大型铬铁矿床	大道尔吉式	加里东早期
与中奥陶统复理石建造有关的金铜成矿亚系列 QL52	裂陷槽 封闭造山	黑刺沟蚀变岩型金矿床、贾公台石英脉型铜矿床	黑刺沟式	加里东晚期
与加里东中期-华力西期火山-侵入岩建造有关的铜镍铅金、稀土成矿系列 QL6				
QL61 与加里东中期-华力西期火山-沉积建造有关的铅锌金、硫铁成矿系列	大陆裂谷	锡铁山 VMS 型铅锌矿床、滩涧山蚀变岩型金矿床	锡铁山式 滩涧山式	加里东晚期-华力西期
QL62 与加里东期镁铁-超镁铁岩和花岗岩建造有关的金成矿亚系列	大陆边缘裂解	尼旦山、天重峡金矿床；拉水峡岩浆铜镍矿床；上庄伟晶岩型稀土矿床	拉水峡式 上庄式	加里东期

#### 3.1 北祁连早古生代汇聚陆缘铜、铅、锌、钨（钼）、金、银、蛇纹岩成矿带矿床成矿系列

该成矿带与古生代成矿作用有关的矿床可划分为 3 个成矿系列，两个成矿亚系列，分别为：与中寒武统香山群复理石建造有关金银成矿系列 QL1；与中志留统肮脏沟组磨拉石建造有关的铜矿床成矿系列 QL2 和与加里东期海相火山岩、侵入岩有关的铜铅锌钨金银钼、蛇纹岩矿床成矿系列 QL3。其中 QL3 进一步划分为与加里东早-中期海相火山岩、蛇绿岩有关的铜、铅、锌、金、银、蛇纹岩成矿亚系列 QL31 和与加里东中晚期花岗岩及蚀变岩石有关的钨（钼）、铜、金成矿亚系列 QL32。

#### 3.2 南祁连早古生代陆缘裂解区铜、镍（铂族）、铬、金、稀土、黄铁矿成矿带矿床成矿系列

该成矿带早古生代矿床可划分为 3 个成矿系列和 4 个成矿亚系列：与加里东晚期火山建造和蚀变岩石有关的铜、铅、锌、金成矿系列 QL4；与加里东期蛇绿岩及中奥陶统复理石建造有关的铬、金、铜成矿系列 QL5 和与加里东中期镁铁-超镁铁岩和花岗岩建造有关的铜、镍、铅、金、稀土成矿系列 QL6。QL5 又分为：与加里东期蛇绿岩有关的铬成矿系列 QL51 和与中奥陶统复理石建造有关的金、铜成矿系列两个成

矿亚系列 QL52;QL6 又可分为与加里东中期-华里西期火山-沉积建造有关的铅锌金、硫铁矿亚系列 QL61 和与加里东期镁铁-超镁铁岩和花岗岩建造有关的金成矿亚系列 QL62。

### 4 成矿系列演化与区域成矿规律

成矿系列研究显示,成矿规律主要体现在成矿系列的时空演化的旋回性和在一定区域大地构造背景控制下的成矿系列分布规律。祁连造山带早古生代内生成矿类型、成矿元素组合集中地反映了北祁连-秦岭洋演化背景下,与洋盆、沟-弧系及弧后盆地环境有关的成矿系统。祁连造山带是在前震旦纪古大陆克拉通的基础之上发展演化而成。震旦纪-中寒武世为大陆裂谷演化阶段,裂解的过程自西而东,形成巨厚的复理石建造伴有大量的火山岩(从基性到中、酸性),伴有与之有关的 QL1、QL31 成矿系列;晚寒武世-奥陶世为洋盆形成到俯冲造山演化阶段,经历了从大陆裂谷到大洋裂谷,初始洋盆到成熟洋盆再到残留洋盆的演化过程,裂谷空间位置有自北向南推移,南部有发展滞后的趋势,形成蛇绿岩、基性杂岩及与俯冲有关岛弧火山岩、弧花岗岩等并伴有 QL31、QL4、QL5、QL6 成矿系列;志留纪-泥盆纪为碰撞造山阶段,形成磨拉石建造,伴有 QL2、QL32 成矿系列形成,并对早期形成的矿床进行改造;石炭纪-现代为陆内造山阶段,转为陆内的构造演化机制和相应的成矿系统(图2)。就成矿系列区域时空演变规律而论,具以下显著特点。

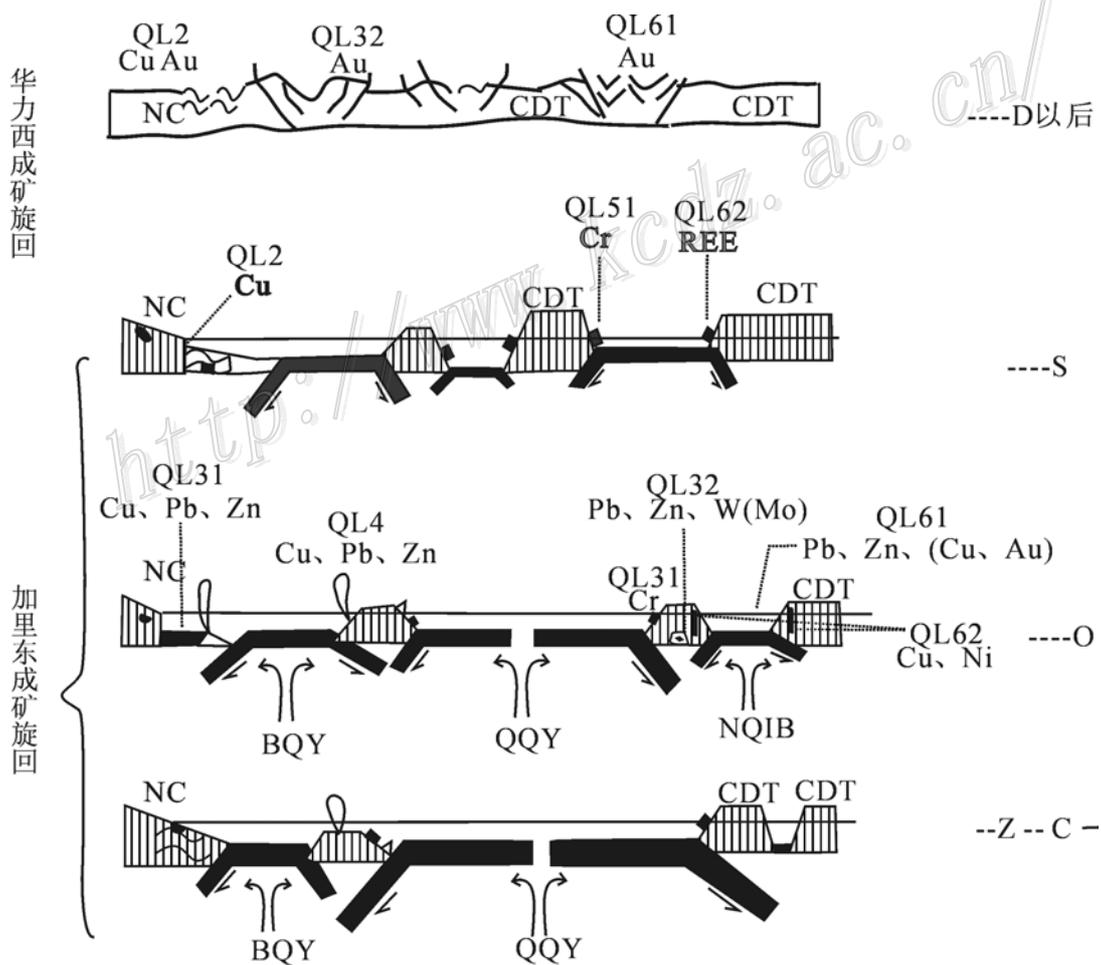


图2 祁连造山带古生代成矿演化模型(据汤中立1999年改编)

NQIB-南祁连弧后盆地; NC-华北板块; CDT-柴达木离散型地体; BQY-北祁连洋; QQY-秦祁洋; QL32-成矿系列编号

Fig.2 Model of Paleozoic metallogenic evolution in Qilian orogenic belt in Early Paleozoic

#### 4.1 成矿元素组合及演化趋势

早古生代期间,内生金属主要成矿元素为 Cu、Pb、Zn、Ag (Au),其组合主要为 Cu-Zn、Cu、Cu-Pb-Zn、Cu-Ni、Cr,并在早古生代晚期出现 W (Mo) 组合。

#### 4.2 造山过程与区域成矿演化

祁连造山带,古生代成矿以内生成矿作用为主,并表现不同开-合构造环境下的区域成矿演进规律。在早古生代早期陆缘弧(裂谷)环境下,形成 Cu-Pb-Zn 成矿组合(白银、小铁山-清水沟),中期弧后盆地环境下,形成于蛇绿岩有关的 Cu-Zn 成矿组合(石居里-九个泉-猪咀哑巴),中晚期岛弧环境下,形成 Cu-Pb-Zn 组合(红沟-蛟龙掌)等一系列大型、中型矿床(汤中立等,1999;2002)。在之后的加里东晚俯冲期造山过程中,岩浆热液成矿作用趋于明显,这主要与北祁连早古生代晚期的汇聚活动过程有关。形成了包括 W 成矿组合(塔尔沟-小柳沟)和 Pb-Zn 成矿组合(大东沟-吊大板)。

#### 4.3 成矿作用空间演化

就金属矿床成矿而言,由加里东早期到晚期,区域成矿作用的发生总体具由北向南,由西向东的迁移规律,这与造山带的区域构造演化规律是一致的。

#### 4.4 区域构造演化对成矿的制约关系

祁连造山带早古生代构造演化是造山带发展的重要时期。自早寒武世古中国大陆克拉通发生裂解,到奥陶纪板块构造的沟弧盆体系形成演化,再到志留纪末碰撞造山等构造过程对成矿作用有明显的制约关系。

北祁连震旦纪—中寒武世古大陆裂解由大陆裂谷向大洋裂谷演化,发育陆壳拉张环境下的海相火山岩,形成与喷气-火山成矿作用有关的铜锌多金属矿床(白银、郭密寺);晚寒武世洋壳开始出现,到早中奥陶世进入沟-弧-盆共同发展的板块构造演化阶段,早期大洋裂谷系中发育大洋中脊型蛇绿岩系,在超基性杂岩体中形成与岩浆作用和岩浆热液作用以及喷气火山作用有关的铬、石棉、蛇纹石玉、铜多金属矿床(石居里、黑刺钩、玉石沟);晚期由于俯冲作用诱发弧后和岛弧扩张,发育弧后盆地扩张脊型和岛弧扩张脊型蛇绿岩,在中基性火山岩中形成与喷气-火山成矿作用有关的铜铅锌多金属矿床(错沟、九个泉)。志留纪末前陆盆地的闭合,标志着长期被洋盆割裂的南北陆块碰撞在一起,形成与磨拉石建造有关的沉积型铜矿(天鹿铜矿)。此后,整个祁连固结成一个新的大陆克拉通,转为陆内造山构造演化(冯益民等,1995)。

在奥陶纪,整个中、南祁连作为北祁连大洋南岸的一个准被动陆缘,在其边缘及内部发生裂谷作用,发育海相火山喷发及基性超基性岩侵位,形成 VMS 型铜、铅锌矿(红沟、锡铁山)。

## 5 结 语

祁连造山带成矿系列演化与大地构造演化密切相关,早古生代是该区金属矿床的主要成矿旋回,金属矿床的大规模成矿作用主要表现为加里东期海相火山岩岩浆成矿作用和加里东晚期俯冲造山过程中岩浆热液成矿作用。对该区成矿系列的划分和研究,将有利于全面认识该区的成矿动力学机制,进而指导该区的矿产勘查和开发。

## 参 考 文 献

- 冯益民,何世平.1995.祁连山及其邻区大地构造基本特征[J].西北地质科学,16(1):92~103.
- 郭进京,张国伟,陆松年,等.1999.中祁连地块东段元古宙基底湟源群沉积构造环境[J].西北大学学报,29(4):343~347.
- 贾群子,杨忠堂,肖朝阳,等.2002.祁连山金属矿床成矿带划分及分布规律[J].矿床地质,22(增刊):140~143.
- 毛景文,杨健民,张招崇,等.1999.北祁连山小柳沟钨钼矿床 Re-Os 同位素测年及其意义[J].地质论评,45(4):412~417.
- 夏林圻,夏祖春,任有祥,等.2001.北祁连山构造-火山岩浆-成矿动力学[M].北京:中国地质大学出版社:1~295.

汤中立, 白云来. 1999. 华北古陆西南缘构造格架与成矿系统 [J]. 地学前缘, 6 (2): 271~283.

汤中立, 白云来, 徐章华, 等. 2002. 华北古陆西南缘成矿系统及成矿构造动力学[M]. 北京: 地质出版社. 1~393.

## Metallogenic Series and Evolution in Qilian Orogenic Belt in Early Paleozoic

Yan Haiqing<sup>1,2</sup>, Yu Jiyuan<sup>2</sup>, Li Wenyuan<sup>3</sup>, Jiao Jiangang<sup>2</sup> and Tang Hua<sup>2</sup>

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3 Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

### Abstract

The Qilian orogenic belt is an important tectonic and metallogenic belt in China. According to tectono-metallogenic setting in combination with main mineral distribution and metallogenic types and ore-forming epochs in this orogenic belt, the authors used the theory of metallogenic series to divide the deposits of the North Qilian Early Palaeozoic convergent epicontinental Cu, Pd, Zn, W(Mo), Au, ophiolite metallogenic belt and the South Qilian Early Palaeozoic epicontinental rifting Cu, Ni(Pt), Cr, Au, rare elements and pyrite metallogenic belt into six series. On the basis of summarization of metallogenic series and subseries, the authors have discussed regional metallogeny and evolutionary regularity of metallogenic series in Qilian orogenic belt in Palaeozoic .

**Key words:** Qilian Mountains, Early Palaeozoic, metallogenic series, tectonic and metallogenic restriction, evolutionary regularity

<http://www.kcdz.com/>