

新疆阿尔金南缘断裂带铜金铂钯贵金属矿床特征及成因

刘国范, 朱广彬, 陈金铎, 杨振军, 秦爽

(河南省地质调查院, 河南 郑州 450007)

摘要: 阿尔金南缘断裂是一条深达上地幔的区域性大断裂, 沿断裂分布着众多的基性-超基性杂岩体。岩浆结晶分异晚期, 铜、金、铂、钯元素富集, 在后期构造热液作用下, 形成了清水泉等处的铜、金、铂、钯工业矿床。阿尔金一带找矿前景极大。
关键词: 阿尔金南缘, 铜、金、铂、钯矿床, 基性-超基性杂岩

阿尔金南缘断裂带是横跨新疆、青海的一个重要的铜、金、铂、钯贵金属成矿远景区。目前已发现江柳沟铜、金多金属矿床, 清水泉铜、金、铂、钯贵金属矿床, 江柳泉铜、金多金属矿点等数十处铜、金、铂、钯矿床。

本文将以清水泉铜、金、铂、钯矿床为例, 探讨该成矿带中的贵金属矿床特征及其成因, 希望对该区贵金属的勘查有所裨益。

1 成矿背景

1.1 大地构造位置

阿尔金南缘(断裂带)贵金属成矿带位于塔里木地块与华北板块的接合部位(图1), 它北依民丰-若羌拗陷-北山古生代裂谷带, 南邻祁曼塔格早古生代岛弧带。

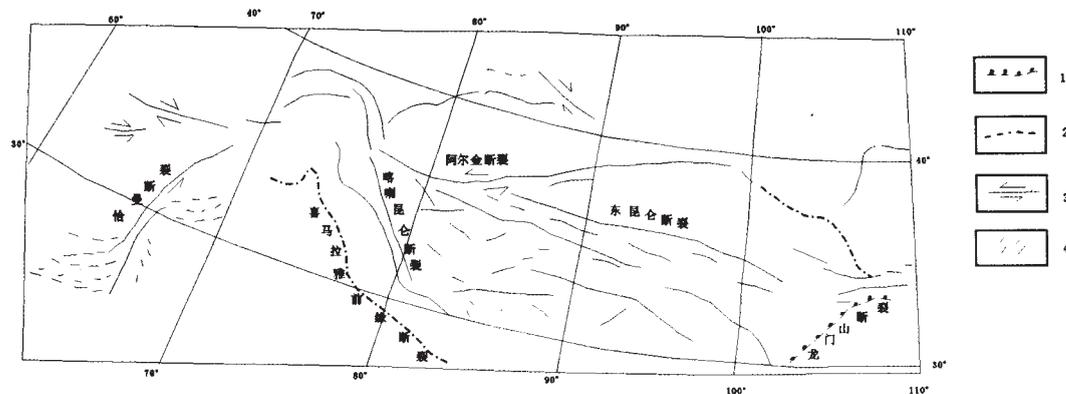


图1 中国主要断裂构造系统

(据崔军文等, 1999)

Fig. 1 Significant fault structure system of China

(after CUI Jun-wen et al., 1999)

1—正断层(normal fault) 2—冲断层(thrust fault) 3—走滑断层(strike-slip thrust) 4—褶皱(fold)

1.2 区域构造演化

该区的构造演化可分为5个阶段^{[1]①}:

(1) 稳定大陆形成阶段

蓟县纪末以前, 华北古陆与塔里木地块浑然一体。蓟县纪末发生的阿尔金山运动, 在全区产生褶皱隆起, 并导致钙碱性岩浆(960~1000 Ma)的上侵。青白口纪末, 发生了塔里木

运动, 造成全区褶皱断裂和基性-酸性-碱性岩浆的侵入, 从而形成范围较大的统一的塔里木大陆基底构造层。

(2) 震旦纪—早奥陶世稳定大陆解体阶段

震旦纪初期, 古大陆南北边缘出现了张裂, 逐步拉开扩展, 使塔里木边缘解体。在这些裂谷中, 从震旦纪到寒武纪出现中基性火山喷溢和较厚复理石堆积。

收稿日期: 2003-09-02; 修回日期: 2004-02-02. 王力编辑.

基金项目: 中国地质调查局“新疆阿尔金南缘断裂带矿产资源调查评价”项目(编号20011020061)资助.

①李玉, 任叙鹏, 等. 新疆塔里木盆地及周边地质图说明书(1:50万). 新疆地矿局第三地质大队, 1996.

(3) 中奥陶世—中石炭世板块活跃阶段

中奥陶世,北山—阿尔金—祁曼塔格裂陷拉张带逐步拉张为小洋盆地,并经扩张俯冲,形成了以阿尔金南缘断裂为海沟的沟—弧—盆体系,最后碰撞闭合,洋壳封闭于中石炭世。在其拉张的过程中,沿阿尔金断裂这个洋中脊薄弱地带,发生了大规模的镁铁—超镁铁质岩浆侵入活动,定位于壳内 5~10 km 处,形成了阿尔金南缘铜、镍、金、铂、钯贵金属成矿带,部分岩浆经裂谷洋盆直接喷出地表,并形成变基性火山岩—碎岩建造。

(4) 晚石炭世—早二叠世褶皱隆起阶段

晚石炭世—早二叠世各板块聚合形成统一的欧亚大陆。由于碰撞使地壳压缩,阿尔金地区褶皱成山,但尚残留一些内陆海槽和边缘海,沉积了上石炭统一二叠统的海相沉积。

(5) 晚二叠世—第四纪板内活动阶段

晚二叠世的磨拉石建造充填了大小山间盆地。三叠纪—侏罗纪陆相红色建造、膏盐建造和含煤建造起到了填平补齐作用。

第三纪以来,本区地壳处于强烈活动之中,在南北强烈挤压下,较柔性地层进一步形成扇形褶皱,山区核部作块段式的差异运动,刚性的变质基底在这种强压下出现了“X”型走滑断裂和块段上升。地壳厚度也出现极大差异,西部库阿尔干莫霍面为 39 km,老芒崖增至 52 km。本区经常发生 5~8 级地震,反映了该区地壳仍处于不断活动之中。

1.3 地球物理、地球化学特征

地球物理特征:阿尔金南缘贵金属成矿带整体处在塔里木地块南缘、重力异常梯度带上(图 2),走向北东东,异常范围为 $(-200 \sim -335) \times 10^{-5} / s^2$,变化梯度达每千米 $1 \times 10^{-5} / s^2$ 。

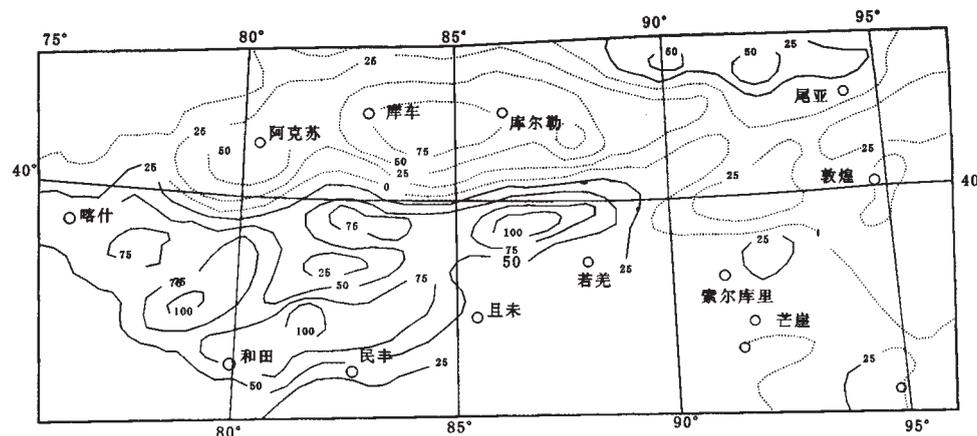


图 2 新疆地区上延 40 km 磁场图

Fig. 2 The magnetic field map for 40 km upward continuation in Xinjiang region

该区存在 $15 \times 10^{-5} / s^2$ 左右的正均衡异常,引起异常剩余质量主要来源于地壳上部,主要受超壳断裂控制,异常为上地幔物质沿断裂上涌到地壳上部形成高密度岩体所致。

地球化学特征为 Cu、Pb、Zn、Au、Mn、V、Ti、Cr、Ni、Co、Hg、B、Ba、Au、Pt、Pb 元素及 Fe_2O_3 的富集区,沿阿尔金南缘断裂伴生有较多的 Au、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Pt、Pb 异常。海西期基性—超基性杂岩强烈富集 Ti、V、Cr、Ni、Co、Fe、Cu、Au、Pt、Pd 等含矿元素,超基性岩镁铁比值 2~5,属铁质超基性岩,易形成铜镍硫化矿床和铜、金、铂、钯贵金属矿床。

2 构造、岩浆活动及基性—超基性杂岩特征

2.1 构造特征

本区与成岩、成矿有关的主要构造为阿尔金南缘断裂带,该断裂沿索尔库里谷地作北东东向延伸,总长 1600 km 以上,为阿尔金中间地块与祁曼塔格早古生代岛弧带的界线,具左行扭动特点,断面倾向南时北,倾角 60~88°。元古宙及海西期基性—超基性杂岩沿断裂两侧分布。

该断裂西段表现为宽达 20 km 的断裂带,带上有 3 条基性

—超基性杂岩呈带状分布,有较为完整的蛇绿岩套及中酸性侵入岩沿断裂分布。断裂北为元古宙变质岩系,南为古生代碎屑岩、碳酸盐及安山质火山岩^[2]。该断裂的次一级平行断裂为本区的主要导矿、容矿构造。

2.2 岩浆活动

该区岩浆活动强烈,酸性—超基性岩均有出露。

(1) 元古宙侵入岩:主要分布在该区东部,沿阿尔金深大断裂见有基性—超基性杂岩及一些中酸性岩类和闪长岩,其围岩主要为阿尔金群混合岩。

(2) 加里东期侵入岩:在阿尔金断裂带东段见有辉长岩零星出露。

(3) 海西期:洋盆拉张,地壳变薄,大量的上地幔镁铁质—超镁铁质岩浆上升,同时沿阿尔金南缘断裂形成了完整的蛇绿岩套,是该区的一个重要成岩成矿时期。同位素年龄值为 475~442 Ma(全岩 Rb—Sr 模式年龄)。

(4) 燕山期:沿阿尔金断裂带侵入上升形成花岗岩小岩株、岩钟,同位素年龄值为 120.7 Ma(全岩 K—Ar 法)。

2.3 基性—超基性杂岩特征

沿阿尔金山南缘出露有 300 多个基性-超基性杂岩体, 它们主要分布在阿帕-芒崖、索尔库里、巴什考供-红柳园这 3 个地段之中^①。该带中的基性-超基性杂岩体中的 SiO_2 48.55% ~ 50.46%、 Al_2O_3 13.25% ~ 15.28%、 Fe_2O_3 2.6% ~ 5.4%、 FeO 5.62% ~ 8.91%、 MgO 4.16% ~ 8.97%、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 1.21% ~ 4.93%, 计算 m/s 值在 0.42 ~ 0.70 之间, δ 值 0.217 ~ 3.18, m/f 值 2 ~ 5, 属镁铁质超基性岩(图 3、4), 为钙性-钙碱性辉长岩系列^②。该杂岩体成矿元素特征值变化见表 1, 由此可见对形成金属硫化物型铜、镍、金、铂、钨矿床十分有利。

基性-超基性杂岩岩浆分异、熔离作用明显, 现以清水泉基性-超基性杂岩体为例予以说明。清水泉铜、金、铂、钨矿床的含矿岩体为约马克其基性-超基性岩体 (v_a^3) (图 5), 岩体呈带状东西向展布, 与主断裂关系密切。北以断裂为界与北部的新元古界索尔库里群火山岩构造接触, 南部侵入于加里东期中粒花岗岩中, 东部为侏罗系角度不整合覆盖。出露面积约 180 km^2 。岩体分异性良好、具有明显的垂直水平分带现象, 自早而晚可分为: 橄榄辉石岩-辉橄岩-辉石岩-辉长岩, 粒度由粗至细。自南向北可划分为 3 个岩浆活动旋回: 早期为粗大颗粒的自形晶一半自形晶的辉石岩-辉长岩, 以辉石岩为主, 一般不含矿; 中期为中粒半自形晶辉石岩-辉长岩, 辉长岩稍多于辉石岩, 辉石岩中可见到自形程度较高, 呈星散状分布的黄铁矿、黄铜矿等多金属矿化现象, 晚期为细粒-微细粒辉石岩-辉长岩类, 辉石岩中含有少量斜长石, 辉石岩呈透镜状、脉状、似层状分布在近东西向断裂带中, 以辉长岩为主, 该期的细粒辉石岩和部分辉长辉绿岩中含有大量的细粒黄铁矿、黄铜矿和含金、铂、钨硫化物矿物, 为本区的主要含矿岩石, 或直接成为金、铜、铂、钨贵金属矿体。

该杂岩体主要由中粒和细粒辉长岩组成, 辉石岩与辉长岩

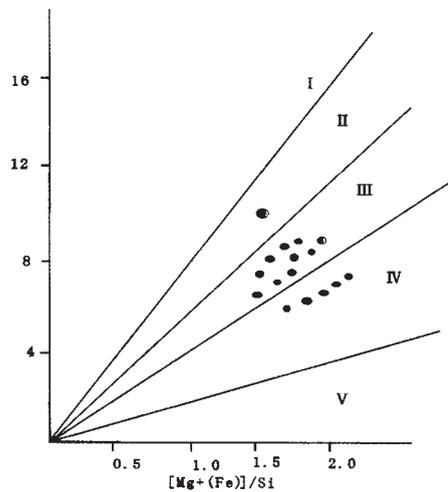


图 3 $\text{Mg}/(\text{Fe})$ 对 $[\text{Mg} + (\text{Fe})]/\text{Si}$ 变异图

Fig. 3 Diagram of $\text{Mg}/(\text{Fe})$ vs. $[\text{Mg} + (\text{Fe})]/\text{Si}$

I—超镁质区 (ultra-magnesian); II—镁质区 (magnesian); III—镁铁质区 (mafic); IV—铁镁质区 (femic); V—铁质区 (ferruginous)

①新疆地矿局第三地质大队. 新疆塔里木盆地及周边地质图说明书(1:50万). 1993.

②新疆地勘局第一区域地质调查大队. 阿尔金山地区地球化学图说明书(水系沉积物测量 1:50万). 1996.

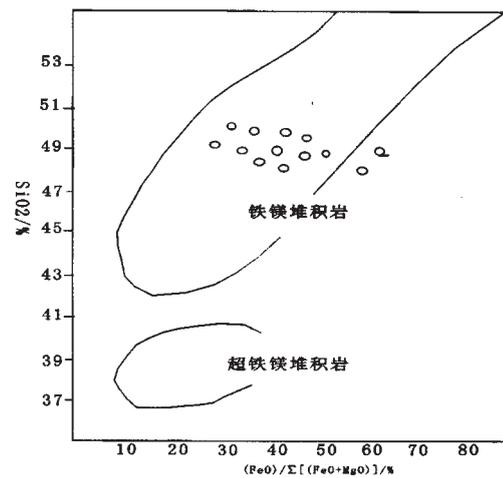


图 4 辉长岩中 SiO_2 和 $(\text{FeO})/\Sigma[(\text{FeO}) + \text{MgO}]/\%$ 变异图

(据 Coleman, 1977)

Fig. 4 Diagram of SiO_2 vs. $(\text{FeO})/[(\text{FeO}) + \text{MgO}]$ in gabbro

(after Coleman, 1977)

边界清晰, 中粒和细粒辉长岩之间呈渐变过渡关系。K-Ar 同位素年龄为 457 Ma, 形成于晚奥陶世。

3 矿床特征

阿尔金山南缘成矿带中的铜、金、铂、钨贵金属矿床总体特征为:

(1) 矿体均赋存在海西期基性-超基性杂岩体内, 含矿岩石和成矿岩体主要为橄榄辉石岩、辉石岩、辉长辉绿岩;

(2) 矿体呈层状、似层状、透镜状, 其形态产出与断裂构造一致, 明显受近东西断裂构造控制;

(3) 矿(化)脉体规模较大, 单体一般为数百米至数千米;

(4) 矿体中含硫化物石英细脉发育, 矿体两侧往往有 1~2 m 的长英质岩脉出露;

(5) 矿物成分简单, 主要为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、紫硫镍铁矿、砷铂矿、硫镍铂矿, 其次为方黄铜矿、针镍矿、红砷镍矿、铬铁矿等, 矿石中铜镍高, 铂、钨相应也高, 这与铂、钨和铜、镍硫化物密切共生有关;

(6) 围岩蚀变发育, 主要的蚀变有黄铁矿化、黄铜矿化、镍黄铁矿化、硅化、蛇纹石化、次闪石化、碳酸盐化、绿泥石化, 绢云母化等, 蚀变呈带状分布, 宽窄不一, 形态不规则, 一般情况下, 铂、钨富集地段, 黄铜矿、黄铁矿、镍黄铁矿、针镍矿化强, 硅化石英细脉发育, 围岩蚀变较强;

(7) 矿石具半自形晶-他形晶, 海绵陨铁结构, 云雾状、细粒稠密浸染状、条带状、透镜状构造;

(8) 成矿地段往往有较好的地球化学异常, 其元素组合为 Au、Cu、Cr、Ni、Co、(As、Sb、Hg), 异常浓集中心明显, 强度较高, 一般可分出浓度梯带。

表 1 清水泉基性-超基性杂岩体地球化学特征
Table 1 The geochemical features of Qingshuiquan basic-ultrabasic complex

岩石代号	γ_4^3		$\gamma\delta_4^3$		u_4^3		$\beta\mu_4^3$		Σ_4^3	
	\bar{x}	Cv	\bar{x}	Cv	\bar{x}	Cv	\bar{x}	Cv	\bar{x}	Cv
Au	1.58	0.75	1.48	0.34	35.20	2.13	75.38	3.12	71.24	3.16
As	2.43	1.49	0.90	0.68	24.90	3.58	28.70	1.83	24.93	1.78
Sb	0.20	0.58	0.51	1.72	0.56	1.89	0.65	1.32	0.62	1.04
Pb	14.5	0.38	21.2	0.26	9.50	1.26	11.42	0.85	8.42	0.75
Zn	66.2	0.33	48.7	0.30	82.04	0.46	110.05	0.56	99.5	0.43
Ag	0.046	0.25	0.044	0.12	0.84	2.14	0.96	2.83	0.11	0.09
Cu	2.50	0.97	26.21	0.99	431	2.11	628	2.32	251	2.11
Cr	28.8	0.74	17.8	0.66	237	1.26	1085	1.43	1353	1.05
Ni	19.4	1.16	10.7	0.69	176	0.54	1846	1.62	1542	1.18
Co	14.2	1.31	5.60	0.50	67	0.31	135	0.89	120	0.58
W	0.70	0.75	0.95	0.24	3.4	0.38	28.26	1.36	43.87	1.21
Mo	0.61	0.48	0.58	0.17	2.1	0.52	2.43	0.56	0.48	0.54
Pt					0.7	0.71	24.65	2.68	11.75	1.76
Pb					1.4	0.78	42.31	3.28	25.51	2.98

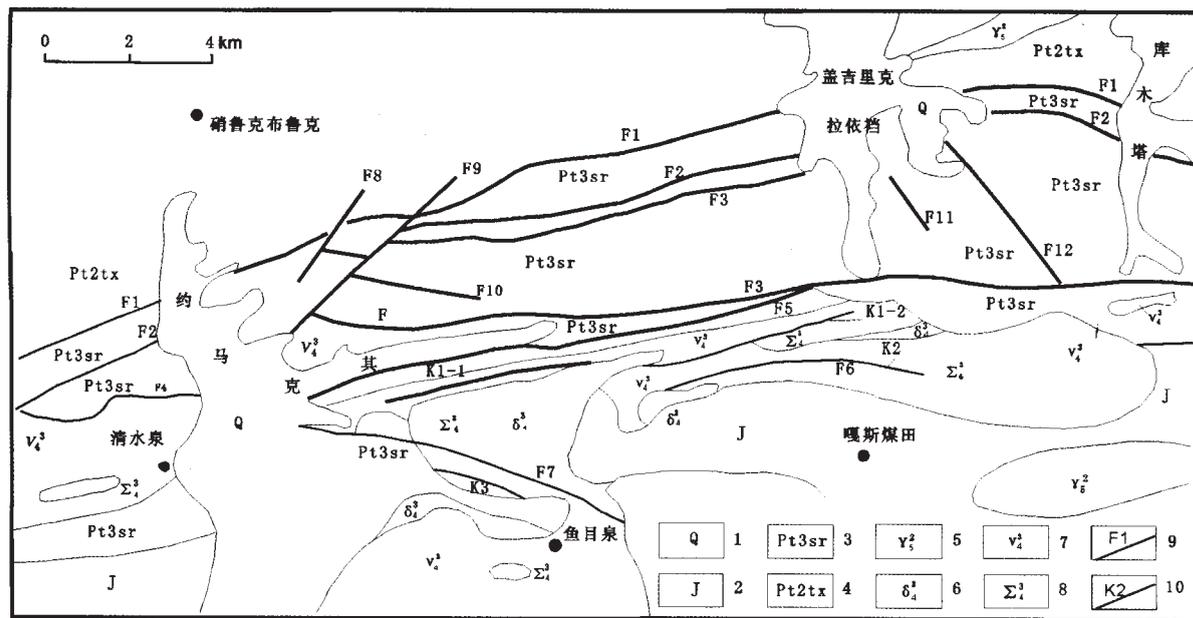


图 5 清水泉地区地质图

Fig. 5 Geologic map of Qingshuiquan area

1—第四系 (Quaternary) ; 2—侏罗系 (Jurassic) ; 3—新元古界索尔库里群 (Neoproterozoic Suoerkuli group) ; 4—中元古界塔什达坂群 (Mesoproterozoic Tashidaban group) ; 5—燕山期花岗岩 (Yanshanian granite) ; 6—海西期花岗闪长岩 (Hercynian granodiorite) ; 7—海西期基性岩 (Hercynian basic rock) ; 8—海西期超基性岩 (Hercynian ultrabasic rock) ; 9—断裂及编号 (fault) ; 10—矿带及编号 (ore belt)

4 成因简析

从现存矿床矿体特征看,该带中的含矿岩体为源于上地幔的铁质、镁铁-超镁铁质岩浆,在岩浆房中发生过硫化物熔离作用,硫化物液体首先形成不混溶相,由于重力效应而位于岩浆房最底部,形成硫化物矿浆,随着橄榄石、辉石的结晶和岩浆脉动式上侵而形成多层分层格局。据目前矿床、岩矿体类型及赋存部位推测,先后形成矿浆→富矿浆→含矿岩浆→岩浆 4 类自下而上的分层结构。

由于地壳拉张应力释放,岩浆和含矿岩浆上侵。在上侵的过程中,硫化物液体由于滞后作用,聚集于岩浆尾部,形成矿浆,这些在岩浆房中就自然形成的上部岩浆-下部矿浆的双层构造,在上升的过程中,由于压力温度逐步下降,促使熔离作用和结晶作用同时发生,岩浆中新熔离出硫化物液体并结晶出橄榄石、辉石晶体。当地壳拉张应力再次释放,含硫化物和橄榄石辉石晶体的岩浆和矿浆组成了上侵岩体的头部、中部、尾部。如此循环岩浆上侵机制,形成了现在地表看到的 3 个岩-矿浆旋回及成矿分带现象。

因 Pt、Pd 强烈的亲硫性和亲铜性,而富集于含铜相对高的硫化物熔浆,在含矿岩浆演化过程中,随着温度、压力的下降和残余熔浆的挥发性组分的增加,产生水饱和的气液相和富含硫化物的高镍矿浆,在进一步浓集过程中,含有 Cu、Ni、Pt、Pd、Au、Sb、Te 等的水气热液沿不同岩相、构造薄弱的破碎带上升而叠加于先成的矿体内,使原已形成的 Cu、Ni、Pt、Pd 矿体含量相对

增高。矿床中有细粒稠密浸染状、云雾状、变海绵状矿石,针镍矿、方黄铜矿呈叶片状,金属矿物呈定向排列,含黄铁矿、黄铜矿石英脉的出现及矿体产状、形态受断裂构造的限制,说明多次的构造活动所产生的断裂、裂隙不但提供了成矿通道和容矿位置,其构造热液又使含矿元素进一步富集叠加在原来的矿体之上形成富矿体。

综上所述,阿尔金铜、金、铂、钯贵金属成矿带的矿床具有岩浆熔离-构造热液叠加富集成矿的双成因特征。

5 结论

阿尔金南缘断裂带为一超岩石圈断裂,东西延伸 1600 km 以上,沿断裂分布有 300 多个基性-超基性杂岩体,前人又在该带中圈出了众多的与清水泉铜、金、铂、钯矿床相似的异常区。有理由相信,随着阿尔金一带找矿工作的全面展开,阿尔金南缘这个成矿远景区将成为我国西北部地区一个重要的贵金属勘查开发基地。

参考文献:

- [1] 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[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [2] 崔军文,等. 阿尔金断裂系[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [3] 赵鹏大,陈永清,等. 地质异常成矿预测理论与实践[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1999.

GEOLOGY AND METALLOGENESIS OF THE PRECIOUS METAL DEPOSITS IN THE SOUTH MARGIN FAULT ZONE OF ALTUN MOUNTAIN, XINJIANG

LIU Guo-fan, ZHU Guang-bin, CHEN Jin-duo, YANG Zhen-jun, QIN Shuang

(Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: The south margin faulted zone of Altun Mountain in Xinjiang is a regional upper mantle deep structure, along which numerous basic-ultrabasic complex bodies are distributed. The elements of Cu, Au, Pt and Pd are concentrated in the late stage of magmatic crystallization and differentiation. With later tectonic hydrothermal process, commercial copper-gold-platinum-palladium deposits are formed in Qingshuiquan and other places. There is a great potential for the exploration in Altun area.

Key words: the south margin of Altun Mountain; copper-gold-platinum-palladium deposit; basic-ultrabasic complex

作者简介:刘国范(1956—),男,高级工程师,现从事国土资源大调查工作,通讯地址:河南省内乡县灌张镇西岗家属院,邮政编码 450007, E-mail://nyfy108@371.net