

新疆东天山康古尔金矿控矿构造特征

马天林 孙立

徐兴旺

(中国地质科学院地质力学研究所)

(中国科学院地质研究所)

摘要 作者通过构造控矿分析发现,康古尔金矿是受一韧性挤压带控制的中低温岩浆-变质热液型金矿床。成矿作用与控矿韧性挤压带从韧性向脆、韧性变形演化密切相关。本文具体分析了控矿构造类型和构造演化对矿化的控制程序以及矿体定位机制,建立了构造成矿模式指出了找矿方向。

关键词 韧性挤压带 构造演化 成矿模型 正脆-韧性剪切带

0 引言

康古尔金矿位于东天山觉罗塔格晚古生代 EW 向裂谷造山带之中,成矿与造山晚期韧性变形密切相关,是一个受韧性挤压带控制的中、低温热液型金多金属矿床。成矿特征前人已有许多研究成果,但有关构造控矿的内容比较少,而这方面的研究,对于查明区域矿产分布规律是十分重要的。

作者在地质矿产部定向科研基金资助下,对该矿进行了矿田构造研究,发现该矿床与一般含金剪切带型金矿有相似之处,也有独自特点。本文着重介绍控矿韧性变形带的力学性质,控矿构造类型,构造演化过程与矿化的内在联系及矿体定位机制等构造与成矿特征。目的在于为该区找矿预测提供一个新思路。

1 地质背景

康古尔金矿发育于东天山纬向构造带觉罗塔格断褶带之中。该断褶带南邻中天山隆起,北接吐哈拗陷,是夹于塔里木地块和准噶尔地块之间的 EW 向晚古生代陆间活动带。该活动带早石炭世属地块离散拉张裂谷;中石炭世地块转为汇聚,裂谷开始闭合;晚石炭世裂谷堆积物固结,挤压造山。金矿化发生于挤压造山晚期,产于裂谷环境沉积的中酸性火山岩系之中。空间上严格受造山晚期韧性变形带和同构造期侵入岩体的制约,成矿作用与构造-岩浆活动大体同期(图 1)。

1.1 裂谷火山岩

觉罗塔格断褶带裂谷拉张阶段堆积有二套地层。下部雅满苏组(C_{2y})为一套巨厚钙碱一

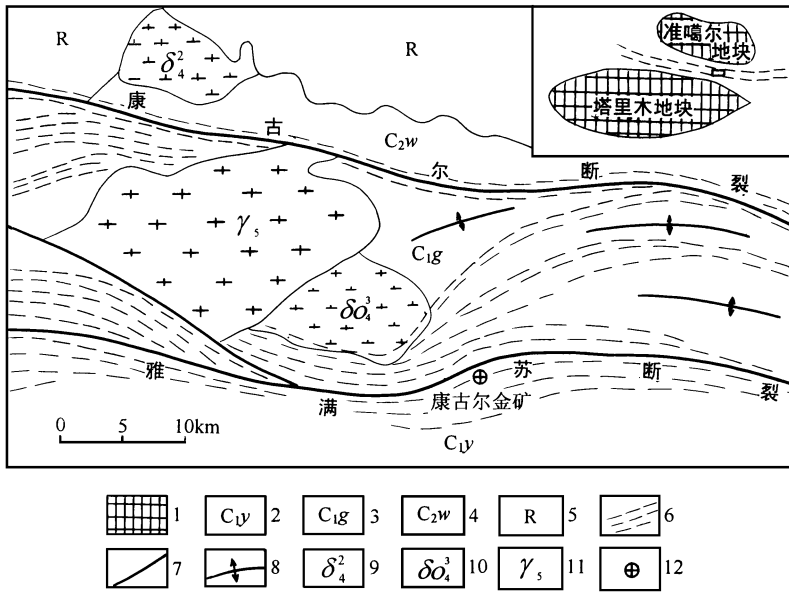


图 1 康古尔金矿区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of the Kangguer gold deposit.

1. 地块; 2. 下石炭统雅满苏组; 3. 下石炭统干墩组; 4. 中石炭统梧桐窝子组; 5. 第三系; 6. 韧性挤压带; 7. 脆性断裂; 8. 背斜; 9. 闪长岩; 10. 英云闪长岩; 11. 花岗岩; 12. 康古尔金矿

碱性中酸性火山岩及碎屑岩,其上干墩组(C_g)为不含火山岩的复理石浊积岩。雅满苏组是一套巨厚安山岩、英安岩、粗安岩、流纹岩、凝灰岩和火山角砾岩。火山岩有由钙碱性中性岩演变为碱性酸性岩,并且粒度由粗变细,反映裂谷水体不断加深的构造环境。雅满苏组火山岩与 K. K. Turekian 中性岩相比,不相容元素亏损。如 Ba 低 10 倍;相容元素富集,如 Cr 高 40 倍, Co 高 6 倍, Cu 高 3 倍, Au 高 2 倍,反映岩浆具深源性质,对 Au、Cu 等成矿有利。康古尔等金矿赋存于雅满苏组之中,而干墩组内仅有一些矿化点。矿床具有层控特点。

1.2 韧性变形带

觉罗塔格断褶带的中部发育一巨型韧性挤压带,长达数百公里,宽 20-40km。该韧性挤压带主体是一组近直立的透入性片理,其间拉伸线理和“A”型褶皱极为发育。下石炭统雅满苏组火山岩和干墩组复理石卷入形变相变,形成各种构造片岩和糜棱岩。带内还发育有一系列同构造侵入体和各种晚期脆性断层,形成结构十分复杂的巨型韧性断裂带。许多研究者称其为康古尔大断裂或秋格明塔什-黄山韧性剪切带。板块学者多认为是俯冲碰撞带。

笔者认为,该带在韧性变形阶段表现为压扁变形而不是剪切变形,实质上是一条韧性挤压带。主要依据是:

① 带内宏、微观构造形迹相对于主界面呈对称分布,仅发育一组 S 组构造而缺乏 S-C 组构造,拉伸线理位于 S 面理之上,两者不存在交角,构造岩具斜方对称结构。

② 动力变质带、应变类型和构造岩中矿物光轴优选方位具有全带对称性。应变类型有压扁应变→平面应变→收缩应变→平面应变→压扁应变的规律性变化,即应变类型以收缩应变为核心呈对称形式。

③ 变形带在平面或剖面上均缺乏剪切错移标志,地质体的压扁现象常见。

由此可见,该韧性挤压带起源于两侧共轴挤压,两盘岩块的运动方式以距离缩短为主,不存在大的相对错动,故属挤压带而不属剪切带。

1.3 同构造岩体

同构造岩体广泛发育是秋格明塔什-黄山韧性挤压带的一大特征。由于岩体与韧性变形相伴而生,岩体在应力作用下侵位,常呈扁豆状、舌状、水滴状等塑性流动形态。岩体大致与片理“整合”,酷似显微镜下的“碎斑系”,边缘往往卷入韧性变形,内部一般不变形。目前在带内已发现十余个这种岩体,为韧性挤压带的重要组成部分,且与成矿有一定时空联系。

2 矿田地质特征

2.1 容矿岩石

本矿田发育于下石炭统雅满苏组(C₂y)第五岩性段中。自下而上为:①灰白色大理岩化生物碎屑灰岩;②砂岩、砂砾岩;③灰绿色晶屑、岩屑凝灰岩,安山岩、英安岩、粗面岩;④长石岩屑砂岩、凝灰质粉砂岩。金矿体赋存于第③层之安山岩、英安岩、凝灰岩或其接触带中。

容矿火山岩金、铜元素含量比较高(表1)。研究表明,金矿石中稀有元素特征参数与容矿火山岩相似;横过矿床的金元素含量曲线呈“W”形,反映火山岩是金的矿源层。

表1 康古尔金矿岩石中金、铜元素含量

Table 1 The contents of the gold and copper in the rocks of the Kangguer gold deposit

岩性元素	安山岩	英安岩	凝灰岩	粗面岩	砂岩	泥岩	灰岩	克拉克值
Au($\times 10^{-9}$)	16.08	8.83	15.2	1.1	3.5	5.0	1.0	1.4
Cu($\times 10^{-6}$)	20.7	28.2	30.0	17.3				4.0

据新疆地勘局第一地质大队

2.2 矿田构造格架

该矿田构造形迹有:①NEE向褶皱和韧性挤压片理带;②EW向脆、韧性正剪切带;③NE-NW向脆性共轭走滑剪切带;④SN向半隐伏基底断裂。不同构造形迹交接复合,构成一幅以横向构造为主体的应变图象(图2)。

2.2.1 NEE向褶皱和韧性挤压片理带 NEE向褶皱及其叠加其上的弥漫性透入片理系矿田主体构造。褶皱较宽缓,层理(S)大都被片理(S₁)置换而不清晰;片理属于区域巨型韧性挤压带的一部份,总体北倾,倾角 70° — 80° ,但在矿床附近片理直立。拉伸线理(L)极为发育,产状不稳定,有时呈发散状。侧伏方向由南向北,由向西逐渐变为向东,中部基本直立,此处正是矿床产出部位。片理、线理产状在空间上呈有规律的变化,不同方向的片理、线理之间不存在互相交切关系,实际上它们是一次压扁变形的产物。

矿田北部凝灰岩中发育“A”型小褶皱,形态复杂,产状多变,形成长达数公里的片理柔皱带,反映韧性变形向北逐渐向收缩应变过渡。矿床处于“A”型柔皱带的南侧。

2.2.2 EW向脆、韧性正剪切带 指上盘下落,兼具脆性和韧性变形特点的正断层,表现为一组雁列张裂隙(Ramsay, 1980; 郑亚东, 1985)。矿田中部发育二条脆、韧性正剪切带,控制主要矿床(点)的分布。

2.2.3 NE-NW向共轭脆性走滑剪切带 指扭性共轭交叉脆性断层,规模不等,长数百米至1—2km,具明显水平扭动特点。NW组为顺扭,NE组为反扭,共轭角 120° ,角分线指向正南。

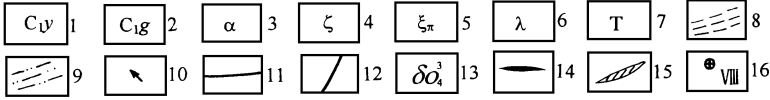
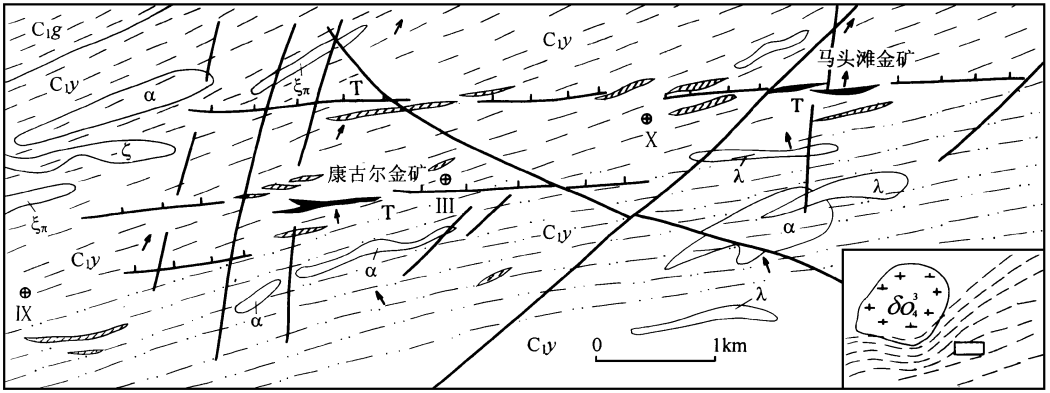


图 2 康古尔金矿田地质构造图

Fig. 2 Geological structural map of the Kangguer gold orefield

1. 下石炭统雅满苏组; 2. 下石炭统干墩组; 3. 安山岩; 4. 英安岩; 5. 石英正长斑岩; 6. 流纹岩; 7. 凝灰岩; 8. 强韧性变形带; 9. 弱韧性变形带; 10. 拉伸线理; 11. 正剪切带; 12. 脆性断层; 13. 英云闪长岩; 14. 工业矿体; 15. 矿化体; 16. 金矿点及编号

北; 断层切割金矿体, 但错距不大。脆性共轭断层是 EW 向构造的浅表层次变形产物。

2.2.4 SN 向半隐伏基底断裂 该断裂表现为二个扭断层带, 分别发育于 VI 号和 VIII 号矿体附近, 长 1—3 km, 具水平顺扭特点, 切错早期断裂和矿体。遥感线性影像清晰, 并与区域重磁梯度带对应

上述 4 种构造的复合关系是: NEE 向片理与 NEE 向褶皱重接; EW 向脆、韧性正剪切带与 NEE 向褶皱和片理斜接; NE-NW 向共轭脆性断层与以上构造反接; SN 向断层大角度切割 NEE 向和 EW 向构造, 亦为反接复合。根据复合关系, 上述构造出现顺序是: NEE 向褶皱 → NEE 向片理 → EW 向脆、韧性正剪切带 → SN 向断裂 → 共轭脆性走滑剪切带。其中, SN 向断裂自成系统, 余皆组成一套 EW 向构造由韧性到脆性演化的变形系列, 其中 EW 向构造的演化与金的成矿作用关系密切。

2.3 控矿构造类型

康古尔金矿田目前发现 2 条金矿化带、2 个金矿床和 4 个金矿点。矿床(点)的分布具有东西成带, 分段集中的特点。不同级、序构造控制不同类型的矿化, 分级复合控矿特征明显。

2.3.1 NEE 向韧性挤压带控制金的高背景值 地球化学资料显示, 韧性挤压带内的变质片岩和糜棱岩含金较高, 金及主要相关元素异常在该带集中。康古尔地区乙类以上金异常达 28 个之多, 且异常之长轴大都与该挤压带方向一致。

矿田内, 青盘岩化极其发育, 糜棱岩中金可达 $(30-50) \times 10^{-9}$, 大于 28×10^{-9} 的等值线与糜棱岩中的片理带相套合, 金矿体就处于这种高背景域之中。

2.3.2 EW 向脆、韧性正剪切带控制矿化带 康古尔金矿田的矿化范围与 EW 向脆、韧性正剪切带相吻合, 构成 2 条 EW 向矿化带。矿化带内矿化呈脉状, 平面上不连续, 呈斜列的短脉; 剖面上也不连续, 呈似层状, 构成 EW 走向, 倾向 N, 倾角 $70^{\circ}-75^{\circ}$ 的矿化带。

南矿化带长 2.4km,由 8 条 NEE 向张性雁列式含矿脉组成,部分矿化脉已达工业品位,构成康古尔中型金矿床。目前控制的最大矿带延深已超过 600m;北矿化带长 4.5km,由 18 条 NEE 向张性雁列式矿化脉所组成,部分矿化脉已达工业品位。如马头滩小型金矿床,矿体向下延深大于 235m

2.3.3 张裂隙控制矿体 矿化带内的金矿体一为受平面上雁列式张裂隙控制的低品位矿化脉;二为受剖面上雁列式张裂隙控制的高品位矿脉。两者虽同处脆-韧性正剪切带中,但由于形成于不同阶段,矿体形态及产状、规模及矿化蚀变,乃至结构构造均有所不同。大多数平面上呈雁列的脉均属于平面雁列张裂隙类型,每条单脉与片理产状一致是其显著的特点。脉内以黄铁绢英岩化蚀变岩为主体,矿物组合为自然金+黄铁矿+绢云母+石英,原岩中的长石转变为绢云母和石英,暗色矿物被黄铁矿交代,并伴有少量金矿化;自然金呈包体赋存于黄铁矿中,或在石英粒间,矿化主要沿片理呈浸染状,金品位 $0.1-1.0(\times 10^{-9})$ 。剖面上呈雁列的张裂隙中的富矿体是康古尔金矿床主要工业矿体。矿体走向 80° ,与矿化脉仅有 10° 交角,与片理也只有 $10^\circ-20^\circ$ 交角;在剖面上,矿体与矿化带几乎平行,但与片理有 20° 交角。矿脉追踪 NEE 向片理和 EW 向张裂隙,形成 $N80^\circ E$ 的联合脉(图 3)。

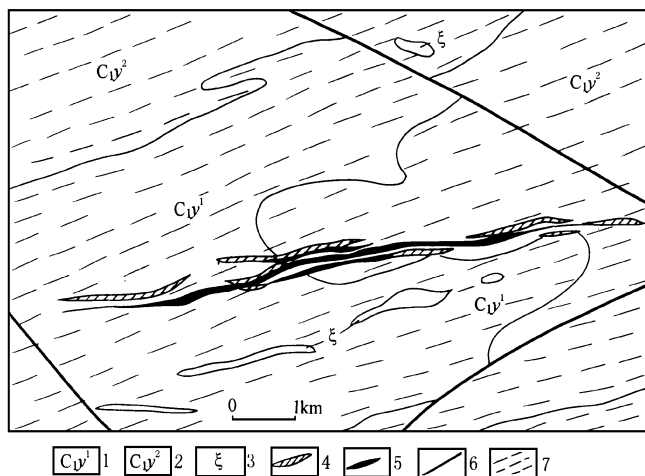


图 3 康古尔金矿床地质图(据新疆地质一大队资料修编)

Fig. 3 Geological map of the Kanguer gold deposit

1. 下石炭统雅满苏组凝灰岩; 2. 下石炭统雅满苏组安山岩; 3. 英安岩; 4. 矿化体;
5. 矿体; 6. 断层; 7. 片理

从控制工业矿体的构造特征和矿石结构构造可以看出,含矿裂隙是受正剪切带控制的张裂隙带。这种裂隙带平面上宽度较大,剖面上连贯性较好,是一种成矿的良好减压空间和主要含矿构造类型

2.4 成矿条件和成矿时代

2.4.1 成矿物质来源 本矿区金主要来源于下石炭统雅满苏组火山岩系(前述),矿石中硫同位素 $W^{34}S$ 为 $-0.9\%-3.3\%$,与陨硫接近,硫主要来自火山岩。矿石中 $W^{30}Si$ 为 $-0.2\%-0.1\%$,平均为 -0.175% ;火山岩中的 $W^{30}Si$ 为 $-0.1\%-0.4\%$,平均为 -0.225% ,两者相近,故硅也主要来自火山岩。矿石中铅同位素年龄为 $254 \pm 7 Ma$,与矿田西北部的英云闪长岩体的

年龄 ($248 \pm 275 \text{Ma}$)相近,而小于火山岩年龄 ($> 322 \text{Ma}$),故铅主要来自岩体

2.4.2 成矿流体来源 主矿成矿阶段金矿石中的氢氧同位素,早期, $W^{18}\text{O}$ 为 9.2% , $W\text{D}$ 为 53% ,当地雨水中 $W^{18}\text{O}$ 为 10% , $W\text{D} = -69\%$,故流体来自岩浆水与变质水的混合热液;晚期 $W^{18}\text{O}$ 为 2.1% , $W\text{D} = -55$,属岩浆水、变质水和雨水的混合热液。总的看,成矿早期以岩浆水和变质水为主,晚期有天水加入。

2.4.3 成矿温度 主成矿阶段石英气液包体温度为 $193^{\circ}\text{C} - 320^{\circ}\text{C}$,平均 240°C ;多金属成矿阶段石英气液包体温度为 $124^{\circ}\text{C} - 181^{\circ}\text{C}$,平均 150°C 。

2.4.4 成矿时代 主成矿阶段 Rb-Sr 等时线年龄 $282.34 \pm 5 \text{Ma}$;多金属成矿阶段 Rb-Sr 等时线年龄 $258 \pm 2 \text{Ma}$ (姬金生, 1995),矿床形成于晚华力两期。

综上所述,康古尔金矿是一个受韧性挤压带控制的晚华力两期中低温岩浆-变质热液型金多金属矿床。

3 构造演化与矿化

康古尔金矿的多期矿化作用是伴随韧性挤压带构造演化逐步完成的,其程序大致如下。

第一阶段:韧性变形导致成矿元素活化、迁移。石炭纪末,随着觉罗塔格裂谷以纯剪方式闭合,矿源层在 SN 向同轴水平挤压应力作用下发生韧性变形,金元素吸收应变能而活化,在动力变质热液和 $\text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$ 等矿化剂的作用下,以络合物形式转移到韧性变形带中,形成金的高背景域(二次矿源带)。

第二阶段:二叠纪初,SN 向挤压应力场逐渐减弱,造山带在重力均衡补偿作用的控制下,逐渐向地壳浅部抬升,已片理化的含金动力变质岩石因应力松弛发生反弹变形,形成 EW 向脆、韧性正剪切带,并有同构造侵入岩乘虚而入。岩浆及变质水混合热液在热驱动下,开始在韧性挤压带内循环,继续萃取岩石中的成矿物质。富含矿质的混合热液首先进入受同构造岩体挤入引起的左旋平面走滑雁列式张扭性构造空间。由于温压条件的改变,矿质发生沉淀,形成早期低品位黄铁绢英岩蚀变与矿化。

随着造山带进一步抬升,脆、韧性正剪切带发展到张性正断活动时期。在早期 SN 向断裂复合地带显著拉开的张裂破碎空间,大量泵入的含矿流体因温度、压力的急骤变化,溶解度显著降低,导致以磁铁矿绿泥石矿化蚀变为特征的高品位矿体的形成。

第三阶段:脆、韧性正剪切带的脉动张开引起多金属矿化。二叠纪末金矿就位之后,含矿正剪切带曾再次张开,导致同构造岩体的残余岩浆热液贯入张开的金矿体之内,主要在矿体下部形成多金属矿化。

第四阶段:脆性共轭剪切带破坏矿体。当 EW 向造山带完成矿化作用并抬升到地壳表层时,SN 向挤压应力场再次活动,形成 NE-NW 两组共轭脆性剪切断裂,对矿体和地层切错,但错距不大。

康古尔金多金属矿床是一个受韧性挤压带控制的热液矿床,成矿模式大致可用图 4 表示之。

4 找矿方向

康古尔金矿是一个与韧性挤压带同生的矿床。下石炭统雅满苏组火山岩系、同构造侵入岩

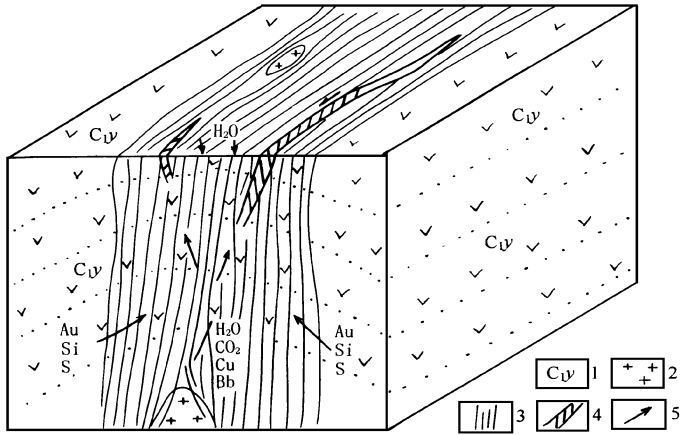


图 4 康古尔金矿构造成矿模式图示

Fig. 4 Tectonic metallogeny model of the Kangguer gold deposit

1. 下石炭统雅满苏组火山岩; 2 同构造侵入岩体; 3. 韧性挤压带;
4. 脆、韧性正剪切带; 5. 含矿流体运移方向

体和脆、韧性正剪切带是其三大控矿因素,也是找矿预测的主要依据。在韧性挤压带内,同构造岩体旁侧雅满苏组火山岩系中,有脆、韧性正剪切带发育的地段是寻找新矿田的主要方向。在矿田范围内,厘定新的脆、韧性正剪切带和在已知的正剪切带两侧延伸的方向,是寻找新矿床的主要方向。在矿床内,与正剪切带呈小角度斜交的张裂隙带,是工业矿脉的找矿方向;在工业矿脉中,呈 EW 向的段落是富矿段的找矿方向。

参 考 文 献

- 1 郑亚东,等. 岩石有限应变测量及韧性剪切带. 北京:地质出版社,1985
- 2 万天丰. 古构造应力场. 北京:地质出版社,1988
- 3 许志琴. 韧性剪切带的基本特征及研究方法. 见:李春昱等著,板块构造基本问题. 北京:地震出版社,1986
- 4 J. G 兰姆塞,等. 现代构造地质学方法,第二卷. 徐树桐主译,北京:地质出版社,1991
- 5 郑伯让,等. 构造岩岩组学. 北京:中国地质大学出版社,1989
- 6 许志琴,等. 松藩—甘孜造山带的造山过程. 北京:地质出版社,1992
- 7 姬金生,等. 东天山康古尔塔格金矿带地质与成矿. 北京:地质出版社,1994
- 8 马天林,等. 新疆喀拉通克成矿带控矿构造. 北京:地质出版社,1993
- 9 Ramsay J.G. Folding and fracturing of rocks. McCKAW-JILL BOOK COMP ANY, 1967
- 10 Escher A& Watterson J. Stretching fabric, folds and crustal shortening, Tectonophysics, 1974
- 11 Bell, T. H. Ductile mylonite zone, the wondroffe thrust. Tectonophysics, and reorientation of fold axes in a Progressive deformation, 1978
- 12 Williams G. D. Rotation of contemporary Folds into the X direction during over thrust process in Laksefjord, Finnmark. Tectonophysics, 1978
- 13 Hamibrey M. J. Foliation, minor fold and strain in glacier ice. Tectonophysics, 1977
- 14 Gerhard Oertel. Strain determination from the measurement of pebble shapes, Tectonophysics, 1978

- 15 Holst T B. The orite of inital fabrie on strain determination from deformed ellipsoidat objects, Tectonophysics, 1982
16 Liste. R J. Strain analysis using deformed pebbles. , the influence of iniat pebble shape, Tectonophysics, 1979

STRUCTURES OF KANGGUER GOLD DEPOSIT IN THE EASTERN TIANSHAN MOUNTAINS, XINJIANG

Ma Tianlin Sun Liqian
(*Institute of Geomechanics, CAGS*)

Xu Xingwang
(*Institute of Geology, CA*)

Abstract Kangguer gold-polymetallic deposit with associated copper, lead, zinc and silver, lying south of the Tu-Ha basin in the eastern Tianshan Mountains, occur in the gigantic Qiugemintashi-Huangshan ductile compressional belt. The formation of the deposit is closely related to the evolution of this ductile compression belt and the deposit is considered as a hydrothermal altered rock-type gold deposit under the control of the ductile deformation belt.

The gold deposit occurs in the intermediate-acid rift volcanic rocks, was confined to the ductile compressional belt and the syntectonic pluton which formed during the orogeny as a result of the closing of the rift. The metallogenesis was synchronous with the tectono-magmatic activity.

A trio model comprising volcanic rocks, syntectonic pluton and normal brittle-ductile shear zone in one area is proposed for the ore deposit. Volcanic rock series provided most of metallogenic material, and syntectonic pluton supplied hydrothermal fluid, thermal energy and also part of metallogenic material while the normal brittle-ductile shear zone formed the ore-trapping structures. "Three in one" is the necessary condition for the formation of ore deposit.

The normal brittle-ductile shear zone, as a late product of ductile deformation is the main target for the prospecting of ore deposits.

Key words ductile compressional belt, tectonic evolution, metallogenic model, normal brittle-ductile shear zone

作者简介

马天林,男,1940年生,研究员。1965年毕业于长春地质学院,从事金矿应用基础理论研究工作。通讯地址:北京市海淀区民族学院南路11号地质力学研究所。邮政编码:100081