第19卷 第2期
1999年4月

桂林工学院学报
JOURNAL OF GUILIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Vol. 19 No. 2
Apr. 1999

布尔根韧性剪切带金矿找矿前景*

廖启林 戴塔根 刘悟辉 邱冬生
（中南工业大学地质研究所 长沙 410083）

摘 要 科克萨依剪切带糜棱岩型金矿床为布尔根剪切带之代表矿床。对该韧性剪切带的产出环境及其典型金矿床成矿特征的剖析，发现剪切带所赋存的泥盆系火山碎屑岩及其浅变质岩地层为有利的富金—储金环境，该区尚处于工作程度较低状态，还存在一系列金矿找矿线索，远景可观，宜引起重视。

关键词 韧性剪切带；糜棱岩；金矿；找矿前景；新疆；布尔根；科克萨依
分类号 P612；P618.51*

新疆东北端靠近中蒙边境一带，发育有1条韧性剪切带——布尔根含金韧性剪切破碎蚀变岩带。自90年代初在该带发现科克萨依金矿床以来，带上找矿没有大的进展，但对科克萨依金矿床的认识却在逐步深化，并取得了可喜的成果，其中有个很重要的因素就是找矿思路与手段的改变。本文通过科克萨依金矿床实例的研究，对布尔根韧性剪切带的找金前景及其相关问题谈点看法。

1 布尔根韧性剪切带地质概况

布尔根韧性剪切带（图1）主要位于新疆青河县青格里河与布尔根河交汇部位，呈NW—SE向展布，西抵海子口—二台断裂，东南延至蒙古国境内，我国境内长约60 km，宽约2~5 km（最宽10 km以上）。带内相继发现了一些金矿（化），成型矿床只有产于青河县的科克萨依金矿。

该剪切带位于西伯利亚板块与哈萨克斯坦—准噶尔板块过渡部位，靠近哈萨克斯坦—准噶尔板块一侧的加波萨尔岛弧区。区内发育的主要地层：上泥盆统江孜尔库都克组（D_3j）玄武安山岩，凝灰岩；上泥盆统卡希翁组（D_3k）玄武岩、凝灰砂岩、千枚岩；下泥盆统托让格库都克组（D_1t）中基性火山岩、火山碎屑岩及其浅变质岩。剪切带主要位于D_3k与D_1t间的断层不整合面附近，其北侧为克孜勒他乌花岗闪长岩体。

该剪切带具有明显的韧性挤切变形特征，沿着韧性剪切带呈现为近似断续的变形透镜体分布①，在透镜体的周围分布着强烈片理化的绿泥石片岩。变形带内普遍发育石英脉体群，大都具有尖灭再现的特点。以不含金的石英脉居多。在岩石经强烈挤压破碎的部位出现糜棱岩，同

* 1998—11—26收稿，1998—12—20改回。
第一作者简介：廖启林，男，1964年出生，博士生，高级工程师，地球化学与矿床学专业。
*国家三〇五项目“九五”专题研究（96—915—02—05）部分成果。
①尹意求．新疆准噶尔北缘重点成矿区带金矿成矿规律及成矿预测研究，1996

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

时地表还伴有强烈褐铁矿化、硅化、绿泥石化和高岭土化，局部地段还发育黄铁绢英岩等。

该剪切带基本控制了本区金及其有关元素异常（以 Au—As 为主，并伴生 Sb，Hg，Ag，Pb，Zn，Mo，Bi 等元素）的分布，同时控制了含金破碎蚀变岩及主要金矿（化）的分布。剪切带所赋存的 D_3k 、D_1t 两地层具较明显地相对富金趋势：D_3k 之 Au，As，Sb，Bi 平均含量（$w_B/10^{-6}$）分别为 0.000 73，8.41，0.77，0.14，分别是其区域丰度值（平均含量）的 1.4，2.1，2.7，1.2 倍；D_1t 之 Au，As，Sb，Bi 平均含量（$w_B/10^{-6}$）分别为 0.000 99，5.96，0.48，0.26，分别是其区域丰度值的 1.9，1.5，1.7，2.2 倍[1]。

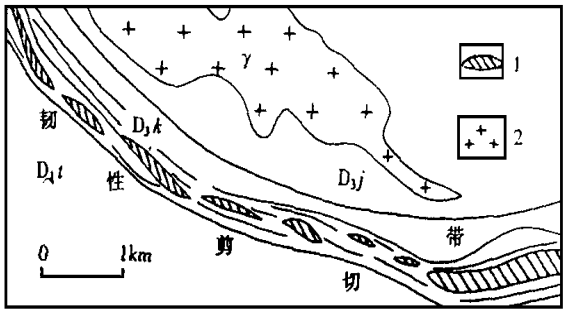


图 1 布尔根韧性剪切带示意图

Fig. 1 Diagram of ductile shear zone in Buergen

1—火山岩透镜体；2—花岗闪长岩；D_3k—卡希翁组；D_3j—江孜尔库都克组；D_1t—托让格库都克组

2 科克萨依金矿成矿特征

2.1 地质特征

该矿床（图 2）产于布尔根韧性剪切带中偏东南段，直接赋存于泥盆系浅变质中基性火山岩—火山碎屑岩—正常碎屑岩建造中，紧邻克孜勒他乌推覆构造产出。

矿区主要出露下泥盆统托让格库都克组第三亚组（D_1t）中基性浅变质火山岩，主要有石英片岩，绿泥石石英片岩，绿泥石片岩，绢云母绿泥石片岩，变长石砂岩，变安山岩等[1]。矿体上盘围岩中有石英闪长岩体发育，经强烈变形蚀变后与绿泥石片岩不易区分开来，早期填图将之视为绿泥石片岩。矿区构造总体上呈近似 EW 向的挤压带，褶皱构造为科克萨依紧闭背斜，金矿床即产于该背斜核部的破碎蚀变带中。主要蚀变有硅化、碳酸盐化、绢云母化、高岭土化、绿泥石绿帘石化、黄铁矿—毒砂化等。

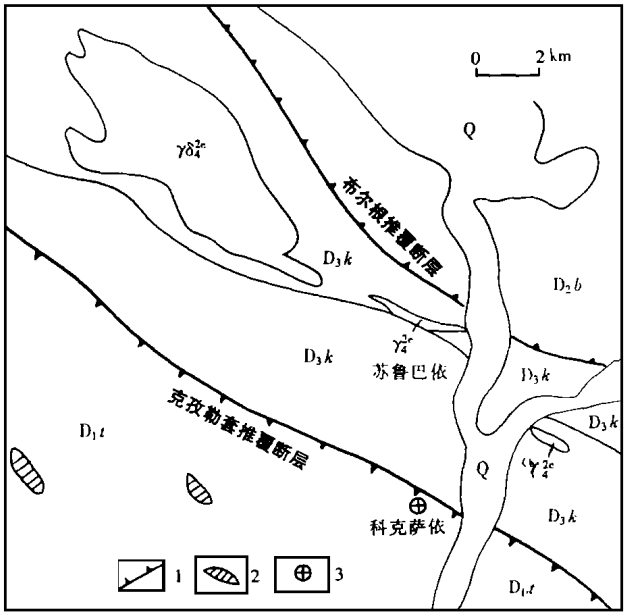


图 2 科克萨依金矿床矿区地质图

Fig. 2 Regional geological map of Kekesayi gold deposit

1—逆冲推覆断层；2—灰岩透镜体；3—科克萨依金矿；Q—第四系；D_3k—卡希翁组；D_2b—北塔山组；D_1t—托让格库都克组；$\gamma\delta_4^{2c}$—花岗闪长岩；γ_4^{2c}—黑云母花岗岩

矿床由西矿段（Ⅰ＋Ⅱ号矿体）与东矿段（Ⅲ号矿体）构成，累计矿化长度约 1 500 m，

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

延深大于 60 m，厚 2～10 m，一般品位 2.5～5.5 g/t，富矿石品位 40～50 g/t，最高可达 100 g/t 以上。矿体形态，产状及矿化强度都严格受控于韧性剪切带，金矿石分为 5 类，分别是：（1）石英糜棱岩型矿石；（2）绢云母石英超糜棱岩型矿石；（3）绢云母千糜岩型矿石；（4）石英绢云母糜棱岩型矿石；（5）碎屑岩质初糜棱岩型矿石。以（1）、（2）类为主。

浅表矿石以贫硫化物为主，向深部硫化物含量逐渐增高，到－50 m 左右即可见到富含稠密浸染状硫化物的糜棱岩－超糜棱岩型矿石，硫化物以黄铁矿为主，次为毒砂，再次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等。矿石具典型的糜棱结构，如亚晶、边缘细粒化、动态重结晶、变形条带等①，矿石构造有云雾状构造、定向构造、核幔构造、揉皱构造等。

2.2　成矿环境与成矿作用

2.2.1　*含金地层的元素地球化学特征*　科克萨依金矿所赋存的泥盆系浅变质中基性火山岩及其碎屑岩－正常碎屑岩建造，以 D_1t，D_3k 为代表，其微量元素的分布以富含 Au，Cd，Co，Cu，Cr，Fe，Sb，Mn，Ni 等元素为特征，属富集亲铁亲硫元素的环境，金与铁族元素具有良好的消长关系，说明成矿物质可能与深源有关。

表 1 列出了 D_1t 与 D_3k 地层中主要岩石的化学分析结果。从中可以看出，有关含矿地层的火山－碎屑岩及其浅变质岩以中基性偏中性岩为主，常量元素以富碱（K_2O+Na_2O）尤其是富 K_2O，富铁（Fe_2O_3+FeO）为特征，这种富碱富铁质的中基性火山环境对于金的迁移富集较为有利，亦指示金可能来自深源。

表 1　布尔根剪切带主要地层的岩石化学分析

Table 1　Petrochemical results of main strata in Buergen shear zone　　w_B/%

地层	所在位置	岩石名称	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2
D_1t	科克萨依金矿区	绿泥片岩	53.06	17.94	7.87	7.32	0.091	1.55	1.90	0.48	2.12	0.69
		绿泥石英片岩	57.68	16.69	10.50	1.80	0.006	0.95	0.20	1.75	1.52	0.97
		石英片岩	71.30	15.15	1.09	3.83	0.008	0.12	0.38	0.52	3.20	0.47
		变凝灰岩	61.04	17.82	7.41	2.33	0.008	0.40	0.50	1.98	1.10	0.94
D_3k	布尔根韧性剪切带	安山玄武岩	49.91	16.43	5.54	3.54	0.19	8.74	3.95	2.40	3.69	1.05
		安山岩	56.28	15.81	3.12	3.98	0.13	5.87	3.22	1.59	4.32	1.03
		英安岩	67.53	16.34	1.07	1.78	0.14	3.04	0.77	2.54	5.10	0.34

（据周志坚，王金良，1994）

2.2.2　*成矿阶段*　科克萨依金矿主要分为剪切分异及热液充填 2 个成矿期（表 2），每个成矿期又分为 2 个成矿阶段。

表 2　科克萨依金矿成矿阶段划分

Table 2　Mineralizing phases of Kekesayi gold deposit

成矿期	成矿阶段	矿物组合
剪切分异	绿泥石－石英－绢云母	石英、绢云母、绿泥石
	金－石英－绢云母	石英、绢云母、自然金、黄铁矿、黄铜矿、毒砂等
热液充填	金－石英－硫化物	石英、自然金、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等
	石英－方解石	石英、黄铁矿、方解石等

2.2.3　*成矿物质来源*　含金石英透镜体中的石英均一温度为 124～283 ℃，平均 197 ℃，其包体成份（$w_B/10^{-6}$）为：K^+ 2.48，Na^+ 13.78，Ca^{2+} 43.08，Mg^{2+} 0.83，F^- 4.96，Cl^- 1.43，SO_4^{2-} 172，H_2O 375，H_2 0.135，N_2 2.25，CO_2 96，反映出成矿流体的化学成分是富 Ca^{2+}，

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www

Na^+，而贫 K^+，Mg^{2+}。SO_4^{2-} 含量较高并溶解了大量的 CO_2 气体。该石英样品的氢，氧同位素测定结果是：$\delta^{18}O=10.48\times10^{-3}$，$\delta^{18}D=-101.8\times10^{-3}$，经换算得 $\delta^{18}O_{水}=-1.78\times10^{-3}$，介于大气降水，岩浆水与混合水之间，表明成矿流体属混合流体①。蚀变带中浸染状黄铁矿的（$\delta^{34}S$ 值$=-0.60\times10^{-3}$，其微量元素含量（$w_B/10^{-6}$）为：Au 0.55，Ag 4.9，Cu 350，Pb 870，Zn 165，Co 200，Ni 31.4，As 450，Sb 1.50，Co/Ni＞1，说明成矿的硫质来源于岩浆活动，矿质与深部火山活动有关。稀土元素分析结果是：$\Sigma REE=74.8\times10^{-6}$，L/H＝2.81，$\delta Eu=7.548$，Sm/Nd＝0.207，稀土配分模式类似于布尔根钾长花岗岩，说明成矿流体与该区的花岗岩活动有关。以上研究表明：该矿床应具有较好的深部找矿前景。

2.2.4 *矿床成因* 矿床为较典型的韧性剪切带型金矿，成矿过程主要分为早期线性理片理化，中期变形分解及晚期液压致裂3个阶段。区域动力变质作用形成了大面积的浅变质岩，热液变质作用形成了各种与金矿化有关的蚀变，来自深部的金及其伴生元素（如铁族元素，As，Sb等）在这种动力变质与热液变质的多次活化迁移下，形成一种广泛的“矿化场”即各种含金蚀变岩系，经后期侵入的岩浆热液的进一步交代，到液压致裂阶段形成了动力变质最高的糜棱岩－超糜棱岩，从而将聚集到最后阶段的“富金溶液”淀积于此，形成了受控于韧性剪切带的含金糜棱岩型金矿床。

2.3 找矿标志

自80年代中期在科克萨依发现金矿化到1996年发现深部富金矿体经历了一个颇令人寻思的过程。最初检查1∶20万化探异常时发现了此处的大片蚀变体，因取样分析结果不理想，而没能抓住矿体。几年后，受到“北疆金矿地表品位偏贫，加深取样能提高金矿品位”的启示，重新进行加深刻槽取样后立即圈出了当时称之为“石英脉型”的地表氧化金矿体，随即建矿山，搞开发，1994年出现矿源危机，几方会诊才走上生产－科研联合攻关找矿之路。重新将该矿床确定为“剪切带糜棱岩型”金矿床，建立了相应的找矿标志：

（1）韧性剪切带是金矿形成的前提。

（2）Au－As－Sb－Ag（Pb，Zn，V，Co，Ni等）组合异常是指示矿化大致部位的有效指标。图3显示了科克萨依金矿床分散流异常特征[3]，可见其As异常尤为发育。

（3）矿床蚀变分带是重要找矿标志。该金矿的蚀变分带见图4：Ⅰ带（内带）为糜棱岩化含金石英透镜体（富矿体），表现为强硅化、稀疏浸染状黄

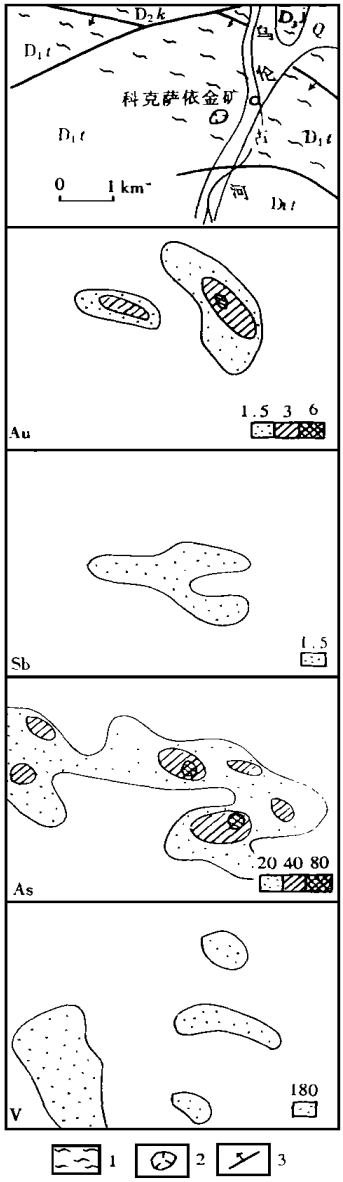


图3 科克萨依金矿分散流异常图

Fig. 3 Diagram showing dispersion flow anomaly in Kekesayi gold deposit

1—构造片理化带；2—科克萨依金矿；3—断层；Q—第四系；D_3j—江孜尔库都克组；D_2k—卡希组；D_1t—托让格库都克组；w（Au）/10^{-9}，其它 $w_B/10^{-6}$

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

铁矿化、黄铜矿化及弱绢云母化；Ⅱ带（中带）为碎屑岩质糜棱岩（主矿体），表现为强绢云母化、硅化及稠密浸染状黄铁矿化；Ⅲ带（外带）为绿色片理化碎屑岩（蚀变围岩），表现为绿泥石化、绿帘石化、弱硅化加少量黄铁矿化。

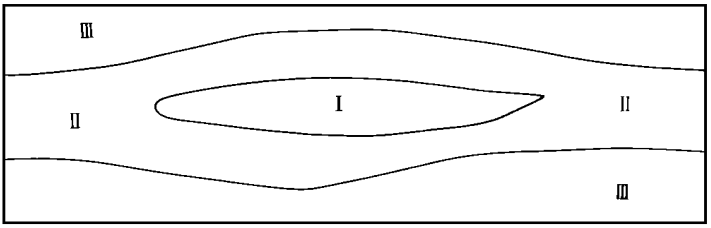


图 4　科克萨依金矿床蚀变分带示意图

Fig. 4　Diagram of alteration zoning in Kekesayi gold deposit

Ⅰ－含金石英透镜体；Ⅱ－碎屑岩质糜棱岩；Ⅲ－蚀变围岩

（4）矿区小构造（如 $S-C$ 面理，揉皱，拖尾构造等）发育，并伴有中酸性侵入岩，这是指示赋矿部位及寻找富矿体的标志。

（5）就寻找深部富硫化物的含金糜棱岩而言，推断利用物探激电异常的效果较好。

该矿床的基本找矿标志即：韧性剪切带＋ Au－As－Sb－Ag 为主的组合异常 ＋ 较简单的矿床蚀变分带 ＋ 小构造及中酸性侵入岩的发育 ＋ 物探激电异常。

3　找矿前景

（1）布尔根剪切带产出于泥盆系火山岩－碎屑岩及其浅变质岩含金建造中，具有一定规模，为金及亲铁元素迁移富集的有利环境，矿源丰富，绿泥石化，绿帘石化，绢云母化的绿色片理化火山碎屑岩普遍发育，局部地段伴有中酸性侵入岩，亦出现了硅化糜棱岩。由此推断，除了科克萨依金矿床外，剪切带上还有发现其它金矿床的可能性，如红山金矿（小型）的发现，便是佐证；

（2）布尔根韧性剪切带上发现了数处 Au－As－Sb－Ag 为主的分散流异常，有些异常以 As 为主，Au 不太好，尚未对其做系统检查评价，这些都是潜在的找矿信息；

（3）该区处于人稀地荒的边境之地，面对数百平方公里的韧性剪切带，因工作条件所限，除科克萨依及其周围少部分地段外，大多近乎于找矿的空白区，不能因此而否定其潜在的找矿潜力；

（4）以往在该区找金矿，多是采用“据金异常（且是选好的）找硅化体，捡块取样，有品位后再系统刻槽圈矿体”，这套简易可行的方法曾为金矿勘查与开发出过大力，应予肯定。但随着金矿找矿难度日渐增大，拓宽找矿思路，改进找矿方法与手段势在必然，如通常认为金与硅化较密切，但有些大金矿却并非如此，象澳大利亚的卡尔古利金矿（2 500 t 黄金储量）就与硅化没多大关系。再如在布尔根剪切带，一些蚀变破碎强烈的氧化地段，仅凭地表的捡块取样是不易抓住金矿（化）体的。还有那些以 As 为主要的异常，不一定没有 Au，若进行适当面积的次生晕详查，效果可能更佳。总之，找矿思路与手段十分关键。

4　结　语

布尔根韧性剪切带的研究尚处于初级阶段，其金矿成矿规律还没有被完全掌握，就其所具有的找矿信息与线索加上所处有利的富金－储金环境而言，金矿成矿远景不容忽视。若今后找矿思路再拓宽一些，针对性的方法、手段适当多些（如投入一些次生晕，激电，地表工程等），工作再详实一些，深信该区金矿的找矿工作将会取得新的进展。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www

参 考 文 献

1 廖启林. 准噶尔东北部典型金矿床元素地球化学特征及金矿勘查应重视的几个问题. 矿产与地质, 1994, 8(5): 337~343
2 王金良. 新疆布尔根韧性剪切带金矿地质特征. 矿产与地质, 1994, 8(5): 334~336
3 周志坚. 青河县科克萨依金矿床成矿地质特征的研究. 矿产与地质, 1994, 8(5): 398~401

ON PROSPECT OF GOLD DEPOSIT IN BUERGEN DUCTILE SHEAR ZONE

Liao Qilin Dai Tagen Liu Wuhui Qiu Dongsheng
(*Institute of Geology CSUT, Changsha*)

Abstract Kekesayi gold deopsit hosted in mylonite is a typical deposit in Buergen ductile shear zone. By comparing and analysing forming environments in this shear zone and minerogenetic features in Kekesayi gold deposit, the authors point out that this shear zone formed in Devonian strata composed of volcanic fragmentals and its epimetamorphic rocks is favourable to collection and enrichment of gold, and consider that its prospect is better as to its lower exploratory degree and a lot of minerogenetic information of gold deposits. In this shear zone, it is necessary to explore gold deposits in detail.

Key Words ductile shear zone; mylonite; gold deposits; prospect; Xingjiang; Buergen; Kekesayi

本刊加入ChinaInfo网络信息服务系统的声明

为了实现科技期刊编辑、出版发行工作的电子化，推进科技信息交流的网络化进程，我刊现已入网“ChinaInfo（中国信息）网络资源系统《电子期刊》”，所以，向本刊投稿并录用的稿件，将一律由编辑部统一纳入ChinaInfo信息服务系统，进入因特网提供信息服务。凡有不同意将自己稿件纳入因特网传送交流的作者，请另投它刊。本刊所付稿酬已包含刊物内容上网服务报酬，不再另付。

ChinaInfo系统是由国家科技部立项，中国科技信息研究所组织实施，万方数据网络中心编辑制作的开放式因特网络信息资源系统，《电子期刊》作为国家“九五”科技攻关项目，是ChinaInfo系统中的重要信息服务栏目，截止1998年10月已有120种期刊的全文内容同步制作上网，将在近1~2年内增加至500种科技期刊。本刊内容将按照统一格式显示，制作编入ChinaInfo系统电子期刊，读者可上因特网进入ChinaInfo系统（网址：http://www.chinainfo.gov.cn/periodical）免费（1年后开始酌情收费）查询检索本刊内容，也欢迎各界朋友通过ChinaInfo系统向我刊提出宝贵意见、建议，或征订本刊。

《桂林工学院学报》编辑部

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www