

新疆富蕴县萨尔布拉克金矿 地质特征

董永观 朱韶华 芮行健 孔庆寿*

(南京地质矿产研究所)

内容提要 萨尔布拉克金矿为破碎蚀变岩型金矿,矿体严格受“菱形构造”和岩屑晶屑凝灰岩的控制,在平面上呈透镜状近等间距出现,剖面上呈膝状拐折。以矿石中含有较多毒砂为特征。围岩蚀变强烈,具有明显的蚀变分带性,从中心向两侧,蚀变具对称性。矿石中金含量与毒砂、黄铁矿的含量成正相关,五角十二面体黄铁矿与金矿化更为密切。

关键词 金矿;菱形构造;围岩蚀变;新疆

1 地质概况

萨尔布拉克金矿区地处准噶尔盆地北东缘,北邻北西西向的额尔齐斯挤压带。出露地层为下石炭统南明水组炭质砂岩、页岩、凝灰岩、凝灰质砂岩、夹砾岩、灰岩的类复理石建造,属于滨海—浅海相碳酸盐岩—火山碎屑岩—火山岩建造。含矿层位的下部为灰色片理化泥灰岩和结晶灰岩,中部为灰绿色中粗粒凝灰岩、凝灰质砂岩和灰色含砾粗砂岩,上部为灰绿色中粒硬砂岩与灰黑色炭质粉砂岩互层,并夹有页岩。金矿化主要于中部的中粗粒凝灰岩、凝灰质砂岩中。

褶皱表现为紧闭线型褶皱,轴向 $310^{\circ}\sim 335^{\circ}$ 。由北东向南西,依次有萨尔布拉克北向斜(2)号,萨尔布拉克背斜(1)号。萨尔布拉克南向斜(3)号,切克特萨尔布拉克背斜(4)号和切克特萨尔布拉克向斜(5)号(图1)。萨尔布拉克金矿就位于萨尔布拉克背斜的北东翼。断层发育,主要有NW向、NNW向和EW向三组,其中NW向和NNW向两组断裂常组成菱形网格,控制着矿体的分布,而EW向断层形成较晚。

区内仅见各类脉岩如细粒花岗斑岩脉、球粒流纹斑岩脉,闪长(玢)岩脉等。

* 国家三〇五攻关项目(85-902-01-03-2)专题阶段成果。

收稿日期:1994-01-21;改回日期:1994-02-25;郑知一编辑。

第一作者简介:董永观,男,38岁,矿床学,硕士,助理研究员,代表性著作:辽宁八家子铅锌矿矿化蚀变分带征

《矿床地质》1986, Vol. 5, No. 4

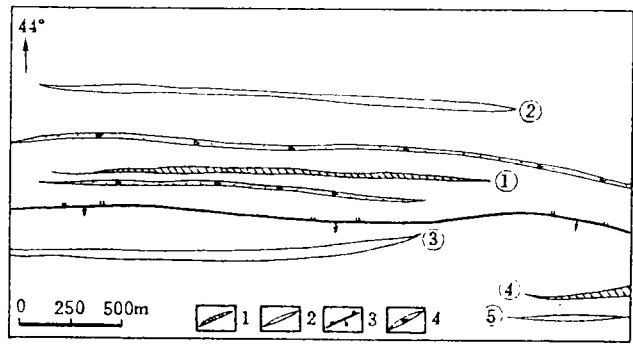


图 1 萨尔布拉克矿区构造纲要图

Fig. 1 Outline of structures in Salbulak region

1—背斜;2—向斜;3—走向断层;4—破碎蚀变带(据 1, 课题资料)

2 矿床地质特征

矿带呈 NW—SE 向延伸,延长达 18km,其中段矿化最强。矿体呈脉状,透镜状,囊状,具有分支复合、膨胀收缩特征,与围岩界线较清楚。一般长几十~几百米,宽几米~几十米,延深达数十米,个别矿体沿破碎带延深较大,呈尖灭再现。矿石金品位较高,一般为 3~5g/t,最

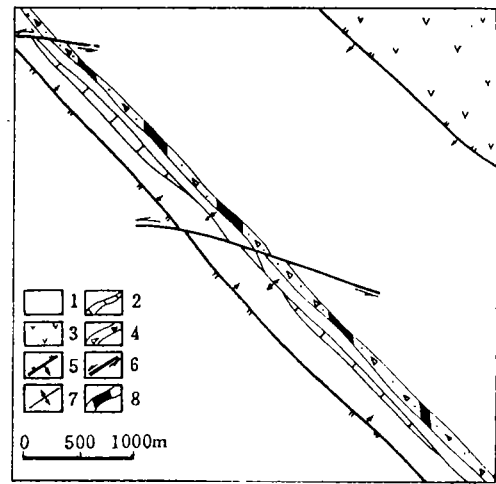


图 2 萨尔布拉克金矿矿体分布示意图

Fig. 2 Distribution of ore bodies in Salbulak gold deposit

1-下碳统南明水组碎屑岩;2-下碳统南明水组灰岩;3-中泥盆统北塔山组火山岩;
4-断裂破碎带;5-压性断裂;6-扭性断裂;7-背斜轴;8-矿体(据 1, 课题资料)

高达 16.87g/t。矿体产状,主要倾向南西,局部倾向北东,倾角一般 60~70°,矿体严格受断裂破碎蚀变带的控制。空间上大致呈等间距分布,平面上相距 150~250m,垂向上相距约 25m,如 16 勘探线 ZK1601 孔,高品位孔段分别为 50~60m,102~123m,146~156m,次高品位孔

段分别为 20m、138m 和 175m,两者结合起来分析,矿(化)段间距平均为 25m,这与菱形网格状构造有关(图 2、3)。

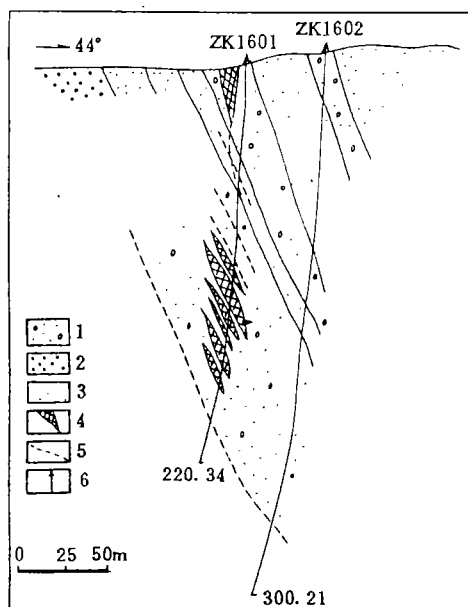


图 3 16 线勘探剖面图

Fig. 3 Prospecting section of line 16

1—碳酸盐化、硅化凝灰质含砾粗砂岩;2—碳酸盐化、硅化凝灰质粗砂岩;

3—碳酸盐化、绿泥石化细砂岩;4—金矿体;5—构造破碎带界线;6—钻孔及编号(据 1: 课题资料)

3 矿石类型及物质组分

根据载金矿物的分布特征,可把矿石划分为稀疏浸染型和条带及细脉浸染型两种。稀疏浸染型矿石表现为载金矿物毒砂和黄铁矿在矿石中呈浸染状较均匀地分布,两者含量为 5%~10%,主要见于蚀变矿化的中粗粒晶屑岩屑凝灰岩和凝灰质砂岩中,矿石金品位一般较富,达 1.00~8.50g/t,平均达 4.5g/t。条带及细脉浸染型矿石主要见于中细粒砂岩,粉砂岩中,含金矿物沿层理或片理呈疏密相间的近平行的条带,沿含矿岩石的节理或裂隙贯入,条带中含金矿物黄铁矿和毒砂呈星点状—稠密浸染状分布,与浸染型金矿石相比,条带及细脉浸染型金矿石中含金矿物黄铁矿和毒砂含量较少,一般 2~5%,金品位较低,一般为 0.5~3.5g/t,平均为 2.5g/t。含金毒砂与黄铁矿之比也不一样,浸染型矿石中毒砂和黄铁矿之比值较高,一般 3~5,中心部位可达 10 以上,而条带及细脉浸染型矿石中毒砂和黄铁矿之比值一般 0.5~2 之间,最高仅达 5 左右。

矿石物质组分较简单,原生矿石的矿石矿物以毒砂和黄铁矿为主,次有黄铜矿和闪锌矿,微量的磁黄铁矿、黝铜矿、硫锑铅矿、锡石、磁铁矿、钛铁矿、赤铁矿,和少量微细粒自然金。脉石矿物以长石和石英为主,次有铁白云石、方解石、绢云母、绿泥石和绿帘石等;氧化矿石主要为褐铁矿,次有毒砂、黄铁矿、微量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然铅等,其中褐铁矿为

水针铁矿和针铁矿,毒砂已臭葱石化、褐铁矿化,黄铁矿已褐铁矿化。脉石矿物以长石和石英为主,长石常风化为高岭土,次有绢云母和方解石等。

原生矿石与氧化矿石比较, SiO_2 、 Al_2O_3 、As 和 Au 均有增加,而 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 和 S 等均减少(表 1)。

表 1 矿石化学成分

Table 1 Chemical composition of ores

含 量 (%) 元 素 矿 石	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	S	As	Al (g/t)	Ag (g/t)	Σ (%)
原生矿石	55.13	0.67	13.56	8.45	2.24	4.75	5.08	2.98	1.88	0.51	2.37	2.94	95.56
氧化矿石	57.54	0.75	14.90	6.70	1.50	4.50	4.63	1.75	0.27	0.68	3.40	1.00	93.78

据 11 课题“七·五”科研报告

4 载金矿物特征

矿区主要载金矿物为毒砂和黄铁矿,其特征分述如下:

4.1 毒砂 大多为自形柱状或针状,有时为集合体,由于在结晶过程中受到应力作用,往往定向排列,可在镜下见到压力影构造和碎裂构造。毒砂晶体柱长一般 1~2mm,横断面直径一般为 0.04~0.10mm,局部可见到 0.10~0.30×3~4mm。矿石中金含量与毒砂含量成正比,据计算,两者相关系数 R 达 0.8 以上($R_{0.01}^{0.013}=0.6835$),表明两者为正相关。毒砂化学分析结果表明(表 2),毒砂中金含量基本上与矿石金含量成正比。

毒砂爆裂温度为 330℃~380℃,平均 360℃。

表 2 毒砂化学成分

Table 2 Chemical composition of arsenomarcasites

含 量 (g/t) 元 素 样 号	矿石金含量	Au	Ag	As(%)	Fe(%)	S(%)
S-6	2.49	73.90	6.0	39.64	35.74	23.24
S-17	16.87	240.30	11.30	40.19	35.73	22.39
S-26	11.44	307.40	7.00	39.79	35.71	/
S-28	1.40	51.00	9.10	39.89	35.47	22.91
K-851	1.92	29.40	6.60	39.70	35.86	23.57

据 11 课题“七·五”科研报告

4.2 黄铁矿 黄铁矿多以自形晶或聚形晶产出,常与毒砂组成集合体,呈条带状,条纹状或小透镜状沿层理,叶理和片理定向排列,晶形有五角十二面体、立方体及立方体和八面体聚形、五角十二面体与立方体聚形。

据对 11 个样品的金含量及样品中黄铁矿金含量计算,两者间相关系数为 0.74($R_{0.01}^{0.011}=0.602$),说明矿石金含量与该矿石中黄铁矿的金含量呈正相关(表 3)。对钻孔中 23 个样品统计,其中五角十二面体黄铁矿与立方体黄铁矿之比为 78:22,在富矿地段的 10 个样品中两者比例为 89:11,分析结果表明,五角十二面体黄铁矿与金矿化关系更为密切。黄铁矿的爆裂温度为 265℃左右。

表 3 黄铁矿化学成分

Table 3 Chemical composition of pyrite

含量(g/t) 样号	元素	矿石金含量	Au	Ag	As(%)	Fe(%)	S(%)	Co(%)	Ni(%)	Tl(%)
S-6		2.49	7.05	26.90	3.70	45.45	49.93	0.011	0.016	0.198
S-8		2.17	6.26		1.77					
S-14		5.93	18.37		1.70					
K1281		6.26	7.46		1.71					
K135		9.97	9.25		1.41					
S-17		16.87	19.55		2.17					
S-20		11.44	16.89	15.7	2.64	46.36	50.76	0.01	0.019	0.252
K143		9.60	5.45		1.26					
S-23		1.40	0.80		1.38					
S-27		0.08	10.77		/					
K851		1.92	0.88		4.79					

引自 I₁ 课题“七.五”科研报告

矿石中金含量大于 1g/t 的样品中黄铁矿的平均金含量为 8.4g/t。除个别样品外,黄铁矿中金含量与硫含量有同步增长趋势。此外,黄铁矿中 Co/Ni 比值均小于 1。

其次,矿石金品位大于 1g/t 的样品中,毒砂与黄铁矿的平均比例为 78 : 22,而金品位少于 1g/t 的样品中,毒砂与黄铁矿的平均比例为 26 : 74,很显然,样品中金含量与毒砂含量关系密切,主要载金矿物为毒砂,其次为黄铁矿。

5 金的赋存状态

光片中,仅见有很少量微细粒自然金被包裹于毒砂、黄铁矿和黄铜矿中,金的粒度很细,大者粒径可达 0.001~0.016mm,一般为不规则状,如粒状、乳滴状和薄片状等。

经电子探针测定,平均成分为: Au 97.31%、Ag 1.94%、Zn 0.1%、Cu 0.24%、Fe 0.13% (表 4)。平均成色为 975,成色较高。

表 3 自然金电探结果

Table 4 Composition of natural gold

含 量(%) 样号	元素	Fe	Cu	Zn	Ag	Au	$\frac{Au}{(Au+Ag)} \times 1000$
1		0.30	0.00	0.05	3.69	95.93	963
2		0.10	0.00	0.02	3.40	96.45	966
3		0.11	0.18	0.48	0.35	98.15	996
4		0.02	0.79	0.14	0.16	98.44	998
5		0.11	0.00	0.00	4.16	95.62	958
6		0.30	0.00	0.00	2.61	97.07	974
7		0.00	0.69	0.02	1.16	97.99	988

据 I₁ 课题“七.五”科研报告

据前人统计资料表明,金矿床的类型不同,金的成色也不一样,例如沉积变质型金矿床,

金成色较高,可达 900 以上,这可能是在原始沉积岩中有大量卤化物、硫酸盐和水分,在变质作用中可与分散在沉积岩中的金形成稳定的络离子,当物理化学条件发生变化时,这些络离子便发生分解和沉淀,而银的络离子稳定性较金的络离子稳定性高,金沉淀以后,银的络离子才开始分解、沉淀,所以,沉淀下来的金矿物的成色较高。

萨尔布拉克金矿床金矿物的成色较高,也可能是原始沉积在晶屑岩屑凝灰岩及中粗粒凝灰质砂岩中的金,在动力变质作用下,与卤素、硫、砷等形成较稳定的络合物迁移,并在有利的破碎带内分解、沉淀成矿。

6 围岩蚀变特征

矿区内围岩蚀变发育、蚀变强烈,蚀变类型较多,有毒砂化、黄铁矿化、硅化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、高岭土化、石墨化等,其中毒砂化、黄铁矿化和硅化与金矿化关系密切。

6.1 毒砂化 毒砂化与金矿化有着非常密切的联系,毒砂化的强弱直接影响着矿石的金品位,是金的主要载体矿物。毒砂化有两种表现形式,一种呈中细粒柱状或针状浸染于晶屑岩屑凝灰岩和中粗粒凝灰质砂岩中,有时,毒砂组成放射状球形集合体分布于岩石中。这种形式的毒砂化往往比较强烈,毒砂颗粒也较大,柱长可达 3~4mm,矿石中毒砂含量可达 5~10%或更高;另一种呈细粒柱状或针状沿炭质粉砂岩的层理、叶理呈条带状分布,有时与细粒黄铁矿条带相间出现,有时与细粒黄铁矿一起组成条带。这种形式的毒砂化强度较第一种弱,矿石的金品位也相对较低。

6.2 黄铁矿化 矿区黄铁矿化也比较强,而且与金矿化有关,黄铁矿也是金的载体矿物之一。和毒砂化一样,黄铁矿化也有两种表现形式,一种呈立方体或五角十二面体自形粒状浸染于晶屑岩屑凝灰岩和中粗粒凝灰质砂岩中,形成浸染状矿砂,这种矿石金含量高,往往可达 5~10g/t,但这种矿石中毒砂远多于黄铁矿,两者比例一般在 90:10 左右;另一种呈五角十二面体和立方体及各种聚形沿炭质粉砂岩的层理、页理呈条带状、或沿裂隙充填呈细脉浸染状分布,有时单独形成条带或细脉,有时和细小柱状或针状毒砂一起组成毒砂—黄铁矿条带或毒砂—黄铁矿细脉。条带状矿石或细脉浸染状矿石中黄铁矿含量相对较高,毒砂与黄铁矿比例为 75:25~80:20,但这种矿石金含量较低,一般金品位为 2~3g/t。

6.3 硅化 硅化在矿区也非常发育,而且强度高,延长时间长,具多阶段特征。据其产出特征可将之分为四期,第一期硅化表现为岩石中硅质增加,出现石英颗粒或硅质团块,或胶结碎裂的围岩。该期硅化为矿化前硅化。第二~第四期均以脉状产出,各自特征为:第二期硅化表现为沿挤压破碎带中裂隙带分布的不规则状石英脉,灰白至烟灰色。以中细粒为主,脉的边界不平整。由于后期的挤压作用,脉常呈不连续状,该期硅化与金矿化关系密切,多分布于金矿化较强部位。第三期硅化伴随着较多的碳酸盐化,形成石英—方解石脉或石英—方解石—白云石脉,石英颗粒较粗,呈乳白色,而方解石或白云石呈叶片状分布于石英颗粒间,见有黄铁矿及毒砂细小颗粒沿石英—方解石脉(白云石脉)壁生长。第四期硅化则伴有钠长石化,常形成石英—钠长石脉,石英为乳白色,具波状消光,而钠长石呈梳状生长。表现为成矿后沿张性裂隙充填生长之特点。

矿区围岩蚀变具有明显的分带性,由矿化中心向外,可分为如下三个带:

(1)毒砂化、黄铁矿化、硅化、石墨化带,该带受构造挤压作用强,岩石破碎,蚀变也较强,往往构成金矿体或金矿化体。

(2)绢云母化、硅化、碳酸盐化带,该带岩石破碎程度差,偶有弱的黄铁矿化,金矿化弱。

(3)绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化带,该带远离矿化中心,碳酸盐化较弱,金属硫化物很少,没有明显的金矿化。

上述三个蚀变带常分布于矿化中心两侧,呈对称状分布。

7 控矿因素分析

前已述及,矿体严格受“菱形构造”和晶屑岩屑凝灰岩和中粗粒凝灰质砂岩的控制。

7.1 控矿断裂 ①北西向断裂组:该组断裂十分发育,是主要控矿断裂,按倾向不同可分为两组,一组为NE倾向($30^{\circ}\sim 50^{\circ}/40^{\circ}\sim 80^{\circ}$),为层间断裂,常呈叠瓦状,波状延伸,断面平滑,断裂内常发育有糜棱岩化带,宽处可达1.5~2.0m,带内贯入有石英细脉。该组断裂常为矿体的下盘界面,有时为上盘界面。另一组为SW倾向(为 $220^{\circ}\sim 240^{\circ}/45^{\circ}\sim 83^{\circ}$),是主要控矿断裂组之一,断面平滑,有擦痕,断裂带内常见有断层泥或糜棱岩化碎裂岩,糜棱岩化带宽0.1~0.4m,其中有石英脉充填,在断层泥及糜棱岩化带两侧,矿化较强。特别是上述两组断裂的交汇部位,即“菱形网格构造”的结点部位,矿化增强,矿体规模增大。这两组断层控制着矿化带的总体产状。

②NWW向及NNW向断裂组:这两组断层产状分别为 $5^{\circ}\sim 33^{\circ}/23^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 和 $250^{\circ}\sim 265^{\circ}/50^{\circ}\sim 75^{\circ}$,其中常见有几厘米~十几厘米宽的断层泥或糜棱岩化带,其两侧均有不同程度的金矿化,尤其它们与NW向断裂组交汇时,矿化明显增强。

③SN向及EW向断层组:这两组断层产状分别为 $270^{\circ}\sim 280^{\circ}/75^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 和 $180^{\circ}\sim 185^{\circ}/80^{\circ}\sim 85^{\circ}$,两者断面上均有褚石化断层泥,其中有石英、钠长石等细脉充填。它们属于成矿后期断裂,常切穿矿体或切穿其它方向断裂。

7.2 控矿岩性 矿化多选择晶屑岩屑凝灰岩和中粗粒凝灰质砂岩,破碎带穿过上述岩层时,矿体品位较高,当上述岩层含碳时,金品位增加,而且矿石中毒砂晶体一般较大,可达1~3mm。

根据上述分析、萨尔布拉克金矿区NW走向的两组断裂及NNW和NWW向断裂组成的“菱形构造”与岩屑晶屑凝灰岩、中粗粒凝灰质砂岩是主要控矿因素,控制着矿体在平面及垂向上呈大致等间距分布。

8 矿化阶段

根据野外及室内研究,主要依据矿物组合特征,将矿化分为如下几个阶段:

8.1 石英—毒砂—黄铁矿阶段 该阶段以形成石英脉为主,在石英脉两侧及石英脉中均有不同程度的毒砂化和黄铁矿化,金在该阶段开始沉淀。

8.2 毒砂—黄铁矿阶段 该阶段以较强的毒砂化、黄铁矿化为特征,并伴随有大量金沉淀,是金矿化的主要阶段。

8.3 石英—碳酸盐阶段 石英和方解石、铁白云石等形成石英—碳酸盐脉,并伴有细小的毒砂、黄铁矿颗粒沿着石英—碳酸盐脉壁生长,该阶段仍有少量金矿化。

8.4 石英—钠长石阶段 以形成石英—钠长石脉为特征,仅有极少量的毒砂、黄铁矿呈星点状分布其中,金矿化已接近尾声。

9 成矿过程简述

根据成矿地质特征分析,可将成矿过程归纳如下:

9.1 动力变质、塑性变形期 该期由于区域动力挤压作用,岩石以塑性变形为主,形成NW向的一系列紧闭线性褶皱,以及层间流动构造。实际上动力变质过程就是成岩成矿过程^[1]。据I₁课题“七·五”研究成果,下石岩统南明水组中上层位含金较高,在也克地段11件凝灰质砂岩样品金平均含量达 5.18×10^{-9} ,在喀拉通克地段32件含炭质沉凝灰岩、炭质泥板岩样品平均金含量达 55×10^{-9} ,并且在炭质凝灰质粉砂岩中存在有沉积成因的草莓状黄铁矿和草莓状磁黄铁矿,其中金含量达 2.31×10^{-6} g/t。此外,地层中有机炭含量高,14个样品平均有机岩含量达1.971%。而萨尔布拉克金矿外围南明水组地层中金含量很低。充分说明该期动力挤压,塑性变形对金的活化起着重要作用。实际上,这时,南明水组地层中较富的金及其他成矿元素已开始活化。

9.2 动力变质、脆性变形期 当塑性变形发展到一定阶段,随着压力和温度降低,岩石向脆性变形过渡,形成一系列压扭性断裂。随着应力性质的改变,压扭性断裂又向张扭性断裂转化,这时形成了北西向延伸的、分别向南西向和北东向倾的断层组以及由此派生的北西西向和北北西向断层组,它们构成菱形网格构造,并组成呈北西—南东向展布的断裂破碎蚀变带,破碎带中岩石被挤压破碎,并伴有糜棱岩化岩石。这时地层中已活化的金及其他成矿元素便沿着这条北西向展布的断裂破碎蚀变带运移,当物理化学条件如温度、压力、Ph值等发生变化时,便在两组断裂的交汇部位及其有关的张裂隙中沉淀、成矿。不同程度的动力变质相带,金的迁移、富集规律不同,形成的矿石建造也有差异。当动力变质以压碎岩石为主间夹糜棱岩化岩石,则金的独立矿物少见,常以毒砂和黄铁矿为主要载体,呈浸染状分布于硅化、绢云母化、碳酸盐化热液蚀变带中^[1]。萨尔布拉克金矿的金矿化就是以这种形式出现的。

另外,萨尔布拉克金矿并非整个断裂破碎带都可形成矿体,这是因为矿液在通道中运移时温度较高,只有当矿液运移到一定部位,温度和压力下降到一定程度时,矿质才开始沉淀,故作为金矿溶液通道的断裂带并不形成金矿体^[2]。

9.3 后期构造叠加改造 成矿后期,由于应力性质的改变,又形成一系列近南北和近东西向的断裂,这些断裂往往切穿北西向破碎带和金矿体,有时矿体被平移达数十米。此外,北西向断裂也再次活动,表现为逆冲性质,将已形成的矿体改造成一系列透镜体,扁豆体,它们在空间上尖灭再现。该期一般无金矿化。

参 考 文 献

- [1] 王润民等,1993,动力变质与金的成矿作用,《新疆地质》Vol. 11 No. 3 P222~225
- [2] Pek, A. A. 等,1991,为什么在许多情况下作为成矿溶液通道的区域性断裂不含矿《矿床成因论》福建科技出版社 P261~262

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE MINERALIZATION IN SALBULAK GOLD DEPOSIT, XINJIANG

Dong Yongguan Zhu Shaohua Rui Xingjian Kong Qingshou

(IGMR, Nanjing)

Abstract

Salbulak gold deposit is that of altered rock type in fracture belt, ore bodies are controlled by rhombic fault structure, lithoclase-crystal tuffs and middle-coarse grain sandstones and occurred in lense shape through the same distances. Ore is characterized by abundant arsenopyrite. The wall rocks were altered strongly, and zoned altered rocks distributed in both sides of ore bodies symmetrically, three zones of altered rocks are distinguished from centre of ore bodies to the sides, that was quartz—arsenopyrite—pyrite zone, sericite—carbonate—quartz—pyrite zone and epidote—chlorite—carbonate zone. The grade of gold ore increases with increasing of arsenopyrite and pyrite in ore, and pentagonal—dodecahedron pyrite is related more closely with gold mineralization.

Key words gold deposit, rhombic structure, wall rock alteration, Xinjiang