青海东昆仑东段金矿区地层含矿性分析①

吴庭祥[1,2]，张绍宁[3]，安汝龙[3]，施根红[3]，窦宏伟[3]
(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 青海省有色地质矿产勘查局, 青海 西宁 810007;
3. 青海省有色地质矿产勘查局八队, 青海 西宁 810012)

摘 要: 近年来勘查成果表明, 青海东昆仑东段是一个以金为主的成矿聚集区, 各矿区含矿层位不尽相同。通过对不同的含矿地层和岩体地球化学微量元素分析, 认为地层并不能提供金矿成矿物质的来源。区域变质作用造成了金的活化迁移, 后期的岩浆热液作用对金的富集具有重要的作用。

关键词: 金矿床; 变质作用; 富集; 东昆仑
中图分类号: P618.51 文献标识码: A 文章编号: 1001-5663(2009)05-0431-11

近年来在东昆仑东段相继发现了果洛龙洼金矿、按纳格金矿、瓦勒尕金矿、阿斯哈(可热)金矿、达理吉格塘金矿点、叶陇沟金矿点等, 其中果洛龙洼金矿产于万宝沟群, 按纳格金矿和瓦勒尕金矿产于金水口群, 阿斯哈(可热)金矿、达理吉格塘金矿点、叶陇沟金矿点则产于花岗岩体中; 矿体均受断裂带控制。

目前, 果洛龙洼金矿已达大型规模, 其他金矿也具有较好的找矿前景。本文从地球化学的角度入手, 对区内赋矿地层和岩体的含矿性进行分析, 进而对影响矿床形成的物质来源等问题提出新的认识。

1 地层和侵入岩的光谱化学特征

通过区域地层剖面实测、矿区地质剖面实测, 在区内采集了87件样品进行微量元素光谱分析, 测试了Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Bi、As、Sb等11种元素(见表1)。

对比地壳克拉克值, W、Sn、Cu、Pb、Zn不具富集意义, 其它元素则表现出较大的变异性, 局部有明显富集。现按照不同地层和岩性分析如下:

1.1 区域实测剖面

区域实测剖面按照样品顺序将各种成矿元素含量作出剖面图(图1)。从剖面图结合表1的测试值可见, 变质地层中Au的含量总体不高, 但波动较大, 尤其是出现许多高值点, 最高达到 39.5×10^{-9}; 金水口群与万宝沟群相比, Au含量略为偏低。

根据研究, 金随着变质作用的增强, 岩石中的金含量逐渐降低。不同的变质阶段均有金带出, 而且岩石变质程度越高, 金含量越低(朱有光, 1993)。总特点是绿片岩相岩石与原岩含金相近, 角闪岩相岩石明显偏低。故金活化条件可能是在高于绿片岩相的温压条件。超变质作用和花岗岩化作用中, 金继续从原岩中带出。区域变质岩混合岩化后, 一半以上的金被盾化带出了(蒋敬业等, 1982)。金一旦活化转入变质热液, 就会由高化学位的高温高压带向低化学位带迁移。迁移的距离和规模与变质作用的强度、持续时间有关。迁移距离大者可达数千乃至数万米。如Anhaeusser(1976)指出, 巴伯顿绿岩带的金矿床是津巴布韦克拉通四周的花岗岩化活动带中活化的金向绿岩带迁移形成的, 迁移距离达数万米以上。说明活动带内缺乏金矿化, 即使活化带的近邻绿岩带中也只有少量金矿床。

本地区的金水口群达到高绿片岩相及角闪岩相, 局部可能达到麻粒岩相(刘永成等, 1998), 而万宝沟群为低绿片岩相, 从二者的含金量的差异可以推断, 变质过程中可能有大量的金被活化出来。但是, 由于变质时代与成矿时代相差甚远, 这些活化的金即使能够起到成矿物质预富集的作用, 也很难成为本区金成矿的主要来源。

① 收稿日期: 2009-03-10 作者简介: 吴庭祥(1964-), 男, 教授级高级工程师, 中国地质大学(北京)在读博士, 主要从事地质堪查与研究工作。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表1　东昆仑东段变质地层、侵入岩的微量元素光谱分析结果

Table 1　The spectral analysis results of the trace elements of metamorphic stratum and igneous rock in the east segment of the East Kunlun　($w_B \times 10^{-6}$)

样号	岩　性	层位或采样点	Au[1)]	Ag[1)]	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	Sb
GP01	大理岩	金水口群	1.2	22.5	8.66	15.90	30.59	1.02	1.0	1.10	0.32	0.58	0.47
GP02	斜长角闪岩	金水口群	2.5	70.2	46.60	23.75	91.08	1.36	1.0	1.47	0.41	0.92	0.48
GP03	石英黑云片岩	金水口群	9.9	25.1	53.49	26.61	93.39	1.16	1.0	0.73	0.31	0.91	0.47
GP04	石英黑云片岩	金水口群	3.3	48.6	72.30	29.76	114.93	1.41	1.4	3.30	0.52	0.35	0.47
GP05	石榴石英黑云片岩	金水口群	10.2	37.8	42.92	32.19	116.46	1.50	1.3	4.65	0.52	0.18	0.44
GP06	石英白云片岩	金水口群	1.3	32.3	13.49	6.05	57.36	1.31	1.0	3.91	0.13	1.24	0.47
GP07	石英黑云片岩	金水口群	1.7	25.3	85.73	50.79	179.10	1.26	2.3	3.55	0.47	0.45	0.43
GP08	石英岩	金水口群	3.2	35.7	7.40	2.67	43.72	1.16	8.7	1.25	0.12	1.22	0.49
GP09	石英白云片岩	金水口群	1.3	28.9	15.80	13.81	77.83	1.21	2.1	2.81	0.19	4.77	0.52
GP10	角闪片岩	金水口群	1.9	32.5	177.40	14.34	105.12	1.31	1.2	1.61	0.20	1.02	0.9
GP11	黑云角闪石英片岩	金水口群	4.7	27.7	50.25	14.81	84.99	1.26	1.0	1.61	0.15	0.59	0.55
GP12	角闪石英片岩	金水口群	1.3	28.1	46.51	11.22	74.00	1.46	1.0	0.73	0.10	0.31	0.4
GP13	含长石英岩	金水口群	2.7	22.6	13.06	12.64	50.28	1.21	1.0	0.73	0.10	0.8	0.52
GP14	眼球状片麻岩	金水口群	5.0	31.4	22.57	20.74	43.25	1.36	1.0	1.98	0.10	0.5	0.74
GP15	角闪片岩	金水口群	25.9	218.1	77.32	245.40	190.80	1.16	1.0	1.98	0.13	2.49	0.58
GP16	千枚状石英岩	金水口群	1.3	38.2	20.14	83.87	107.28	1.41	1.0	4.65	0.10	0.96	1.15
GP17	石英绿泥石千枚岩	金水口群	2.7	38.4	63.56	35.15	92.97	1.61	1.0	3.91	0.10	1.2	0.37
GP18	石英岩	金水口群	0.5	53.8	125.20	45.47	85.55	2.01	1.0	4.28	0.10	0.78	0.35
GP19	绿泥绢云石英	金水口群	1.6	32.1	26.36	24.38	81.17	1.76	1.0	2.81	0.10	0.39	0.33
GP20	蚀变石英闪长岩	金水口群	0.5	37.1	27.72	21.95	72.08	1.52	1.0	4.65	0.50	0.48	0.41
GP21	片麻状蚀变闪长岩	金水口群	1.4	26.8	33.61	18.85	75.77	1.41	1.0	1.69	0.10	0.33	0.28
GP22	脉岩(二长闪长岩)	金水口群	0.9	33.9	9.37	25.58	89.06	1.11	2.5	1.69	0.10	0.67	0.3
GP24	绿泥黑云石英片岩	金水口群	1.4	30.4	31.85	20.50	100.62	1.86	1.7	2.05	0.28	0.30	0.34
GP25	石英岩	金水口群	1.1	30.2	35.16	7.30	51.85	1.46	1.0	0.73	0.15	0.72	0.43
GP26	绢云石英片岩	金水口群	0.6	22.7	29.04	17.74	84.24	1.81	1.0	2.20	0.10	0.60	0.42
GP27	绿泥白云母石英片岩	金水口群	1.0	66.5	23.37	38.53	70.56	1.66	3.4	1.03	0.19	0.53	0.69
GP28	大理岩,有Py	金水口群	1.4	32.1	3.18	15.49	30.91	1.41	1.0	2.20	0.17	1.42	0.55
GP29	白云母石英片岩	金水口群	4.5	68.4	63.33	33.67	64.62	1.21	2.1	2.20	0.68	1.36	0.47
GP30	大理岩	金水口群	0.6	24.2	6.83	20.76	24.39	1.31	1.0	2.20	0.13	2.36	0.4
GP31	石英岩	金水口群	3.0	69.1	7.42	21.40	15.30	1.16	1.0	2.05	0.11	1.14	0.58
GP32	绿泥白云母石英片岩	金水口群	0.5	24.9	30.58	13.09	68.32	1.36	3.4	1.83	0.28	0.39	0.39
GP33	绿泥石英千枚岩	万宝沟群	4.9	22.8	28.00	12.82	62.28	1.31	1.0	4.65	0.10	0.42	0.34
GP34	绿泥千枚岩	万宝沟群	6.1	59.0	32.80	12.84	62.60	1.74	1.2	3.91	0.10	0.46	0.43
GP35	变晶屑凝灰岩	万宝沟群	0.8	27.9	43.22	14.59	69.02	3.22	1.0	4.16	0.10	0.82	0.43
GP36	绢云石英千枚岩	万宝沟群	2.8	45.1	68.73	13.48	87.20	2.06	1.0	4.53	0.14	0.67	0.56
GP37	绢云石英千枚岩	万宝沟群	1.2	33.4	68.78	12.05	70.75	1.26	2.3	0.88	0.10	0.69	0.39
GP38	绿泥石英千枚岩	万宝沟群	4.7	70.4	33.28	16.65	84.32	1.31	3.0	4.16	0.12	0.54	0.33
GP39	含绢云硅板岩	万宝沟群	1.5	38.9	40.74	17.41	81.76	1.36	3.8	4.04	0.18	1.5	0.28
GP40	硅化闪长岩脉岩	万宝沟群	1.0	64.5	31.60	17.90	60.38	1.21	3.2	1.47	0.49	1.19	0.28
GP41	含绢云硅板岩	万宝沟群	1.4	31.4	29.89	28.34	86.96	1.41	1.1	1.54	0.35	0.75	0.28
GP42	片麻状蚀变闪长岩	万宝沟群	5.0	60.7	8.77	14.56	62.77	1.31	1.4	0.73	0.10	0.27	0.46
GP43	绿泥绢云石英千枚岩	万宝沟群	2.1	102.9	109.80	16.25	66.94	1.16	1.0	1.32	0.22	0.43	0.33
GP44	绿泥千枚岩	万宝沟群	1.4	34.6	18.72	20.53	53.44	1.21	1.0	1.69	0.10	0.24	0.31

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

续表1

样号	岩　性	层位或采样点	Au[1)]	Ag[1)]	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	Sb
GP45	千枚状石英岩	万宝沟群	3.4	33.8	20.51	14.29	51.98	1.36	1.0	1.98	0.21	0.69	0.3
GP46	绿泥石英千枚岩	万宝沟群	3.5	81.2	43.60	29.18	75.18	1.26	2.9	4.77	0.13	0.40	0.57
GP47	绿泥石英千枚岩	万宝沟群	1.4	39.4	49.90	9.85	59.42	1.31	1.8	1.47	0.12	3.29	0.26
GP48	绿泥石英千枚岩	万宝沟群	1.6	79.6	8.30	11.36	53.99	1.21	1.6	1.10	0.22	1.53	0.27
GP49	绿泥石英千枚岩	万宝沟群	1.2	31.2	6.29	16.89	82.88	2.06	2.0	11.19	0.30	1.78	0.76
GP50	石英岩	万宝沟群	2.5	73.0	5.48	12.34	32.15	1.36	1.0	4.40	0.18	1.47	0.6
GP51	绿泥石英千枚状板岩	万宝沟群	39.5	41.6	81.40	13.08	61.74	1.31	1.0	4.22	0.10	1.43	0.71
GP52	绢云石英千枚岩	万宝沟群	2.7	32.0	41.42	21.39	72.39	1.41	1.3	6.01	0.27	5.09	0.64
GP53	千枚状石英岩	万宝沟群	0.8	45.1	28.34	9.73	41.08	1.76	1.0	4.04	0.21	1.61	1.0
GP54	石英岩	万宝沟群	1.0	56.9	73.57	38.31	122.64	1.66	3.0	5.14	0.99	1.03	0.86
GP55	绿泥石英千枚岩	万宝沟群	5.5	623.3	123.90	11.68	87.20	3.14	3.6	5.14	0.21	1.15	0.7
GP56	绿泥绢云石英千枚岩	万宝沟群	1.9	26.0	80.42	14.39	62.98	1.31	1.0	6.05	0.25	1.14	0.9
GP57	含绿泥石石英岩	万宝沟群	2.9	40.7	27.69	19.92	87.76	1.71	1.0	6.24	0.25	1.02	0.58
GP58	钙质千枚岩	万宝沟群	13.0	34.3	49.05	13.85	87.60	1.41	4.3	3.30	0.25	1.48	4.33
GP59	大理岩	万宝沟群	1.3	25.0	10.90	5.87	20.03	2.11	1.0	3.55	0.55	1.67	0.71
GP60	大理岩	万宝沟群	0.8	20.4	6.40	7.55	25.23	1.86	1.0	4.95	0.16	1.59	0.53
GP61	结晶灰岩	万宝沟群	10.0	489.8	10.46	16.95	26.01	1.26	1.0	4.04	0.50	4.36	5.55
GP62	千枚状含砾砂岩	万宝沟群	4.8	29.4	4.82	8.34	39.16	1.71	1.0	3.85	0.23	1.35	0.69
GP63	长英质粒岩	万宝沟群	1.0	47.3	9.45	45.62	35.90	1.46	1.8	4.22	0.46	1.67	0.65
GP64	变质砾岩	万宝沟群	1.7	52.2	11.39	31.21	41.18	2.52	5.7	6.24	0.58	8.56	0.71
GP65	闪长斑岩	金水口群	1.0	30.1	1.29	22.29	106.64	3.38	1.0	4.77	0.26	1.62	0.57
GP66	片理化白岗岩	金水口群	2.2	29.4	17.25	11.03	24.63	1.26	2.4	3.55	0.60	2.1	0.61
GP67	白云母石英片岩	金水口群	3.3	29.7	16.64	14.28	48.66	1.31	5.5	5.69	0.26	1.19	1.22
GP68	闪长斑岩	金水口群	0.7	24.5	35.57	10.22	81.36	1.71	2.3	5.14	0.25	1.31	0.41
GP69	条纹状混合岩	金水口群	0.9	29.4	24.98	21.60	62.59	1.41	8.8	5.50	0.99	3.55	0.64
GP70	角闪岩	金水口群	0.9	30.0	8.06	24.35	202.72	1.31	50.0	4.22	1.28	1.91	0.55
GP71	闪长斑岩	金水口群	1.6	43.9	6.73	8.95	45.54	1.16	1.0	2.20	0.18	1.27	0.39
GP72	钾长花岗岩	金水口群	5.4	31.8	2.88	8.71	26.76	1.41	3.7	2.45	0.22	1.03	0.65
GP73	钾长花岗岩	金水口群	3.9	30.3	6.37	20.00	33.94	1.06	2.5	3.85	0.23	1.62	0.7
An3	花岗岩	按纳格	2.5	221.2	52.51	25.97	81.52	1.26	1.0	4.40	0.49	3.3	6.8
An5	片麻岩	按纳格	2.8	279.5	26.18	17.25	83.04	1.71	1.9	3.55	0.18	1.4	4.13
An9	千糜岩	按纳格	1.2	35.4	74.76	9.93	142.40	1.86	7.1	4.95	0.17	1.41	1.36
DL1	蚀变花岗岩	达理吉格塘	3.4	85.3	5.15	11.71	29.02	1.31	1.0	2.94	0.24	5.43	0.68
DL2	二长花岗岩	达理吉格塘	3.5	61.6	8.31	16.48	57.52	2.11	1.0	3.55	0.19	1.67	0.82
DL3	钾长花岗岩	达理吉格塘	2.8	32.0	8.47	27.26	64.99	1.00	1.0	0.88	0.23	2.37	1.53
DL4	黑云钾长花岗岩	达理吉格塘	8.7	59.1	9.91	20.38	53.66	1.26	1.0	3.30	0.28	40.99	1.09
DL5	钾长花岗岩	达理吉格塘	1.4	62.6	20.10	20.92	50.26	1.61	1.0	0.95	0.23	10.68	0.68
DL6	蚀变岩	达理吉格塘	3.9	41.1	10.89	26.45	49.53	1.66	1.0	0.22	0.23	4.54	0.83
DL9	眼球状变质砂岩	达理吉格塘	5.1	54.5	83.43	16.65	85.12	1.85	7.0	4.59	0.38	2.83	0.73
WL2	长英质粒岩	瓦勒尕	1.7	147.9	6.88	16.02	54.55	1.71	6.6	3.85	0.21	5.52	2.35
WL3	矿化糜棱岩	瓦勒尕	54.0	1033.5	16.14	10.26	86.32	1.81	1.4	3.55	0.18	76.9	28.07
WL4	蚀变花岗岩	瓦勒尕	5.1	50.8	7.19	15.88	47.98	1.56	7.0	3.55	0.24	1.4	0.99
WL5	花岗岩	瓦勒尕	0.6	50.5	7.60	19.34	53.23	1.91	1.0	2.69	0.18	1.31	0.86
大洋壳克拉克值			4	100	100	8.9	130	1.0	1.5	1.7	0.0067	2.1	1.0
大陆壳克拉克值			3.4	70	54	13	85	1.1	1.7	1.2	0.0036	2.2	0.5
中国陆壳克拉克值			4.1	50	38	15	86	2.4	4.1	2.0	–	1.9	0.15

注: [1)] 量单位为$\times 10^{-9}$, 测试单位: 青海省有色地勘局测试中心。克拉克值据黎彤, 1984。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

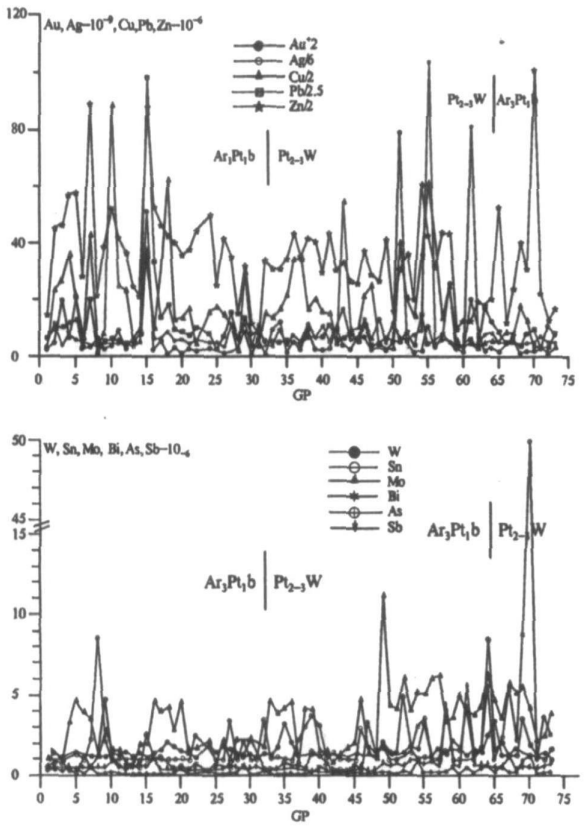

图1　果洛龙洼区域实测剖面地化特征图

Fig. 1　Geochemical feature of the surveyed section in Guoluolongwa region

Ar_3Pt1^b– 白沙河(岩)　$Pt_{2-3}W$ – 万保沟群

另外, Au 在果洛龙洼矿区附近及北部金水口群中有多个富集点, 可能说明出现富集中心, 是矿化作用的线索。

元素的剖面分布特征还显示, Cu、Pb、Zn、Ag 等与Au 的分布也有一定的相关性。剖面北部金水口群中, Cu、Pb、Zn 与 Au 有同步增长的趋势, 可能反映岩浆中温热液对金的成矿富集有重要的作用。果洛龙洼矿区附近这种关系也比较明显, 并且还显示了 Au 与 Ag 的相关性。其它成矿元素除了Mo、As、Sb 在果洛龙洼矿区附近显示波动性外, W、Sn、Bi 等都比较平稳, 没有大的变化。

2　金水口群

2.1　统计和相关分析

金水口群中不同岩性的微量元素含量统计(表2)。各元素间的相关系数(见表3)。

金水口群变质岩中总体上说 Au 与 Ag、Cu、Pb、Zn 等元素含量不高(表 2), 多数低于地壳克拉克值, 仅角闪片岩的平均值高于克拉克值, Au 达到 6.2×10^{-9}, 其中有一个样品达到 25.9×10^{-9}的特高值, 其它元素也偏高。变质地层中Au 含量偏低的现象是普遍存在的, 可能是中等变质作用使 Au 和 Ag、Cu、Pb、Zn 等成矿元素被排除于变质矿物的晶格以外, 成为

表2　金水口群变质岩微量元素统计值

Table 2　The statistics of trace elements of metamorphic rock in the Jinshuikou group

$w_B\times10^{-6}$

层位	岩 性	样品数	统计值	Au[1)]	Ag[1)]	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	Sb
	大理岩	3	平均值	1.07	26.27	6.22	17.38	28.63	1.25	1.00	1.83	0.21	1.45	0.47
			标准差	0.42	5.12	2.79	2.93	3.68	0.20	0.00	0.64	0.10	0.89	0.08
金	角闪片岩	6	平均值	6.20	67.77	67.69	55.65	124.79	1.31	9.20	1.94	0.38	1.21	0.58
			标准差	9.74	75.44	58.11	93.11	56.78	0.10	19.99	1.19	0.46	0.83	0.17
水	云母片岩	14	平均值	3.09	36.51	40.60	25.47	89.30	1.46	2.01	2.91	0.30	0.99	0.50
			标准差	3.16	14.75	23.19	12.14	32.71	0.24	1.31	1.37	0.19	1.16	0.22
口	石英岩	8	平均值	2.33	56.50	37.34	25.75	61.71	1.50	3.41	2.77	0.16	1.75	0.83
			标准差	1.48	39.88	43.84	26.75	29.15	0.33	3.38	1.75	0.10	1.67	0.66
群	片麻岩	2	平均值	2.95	30.40	23.78	21.17	52.92	1.38	4.90	3.74	0.55	2.03	0.69
			标准差	2.90	1.41	1.70	0.61	13.68	0.04	5.52	2.49	0.63	2.16	0.07
	构造蚀变岩	2	平均值	2.55	38.25	42.83	18.19	95.97	1.76	4.05	2.59	0.20	2.98	1.10
			标准差	1.91	4.03	45.16	11.68	65.67	0.14	4.31	3.34	0.04	2.21	0.37
	变闪长岩	3	平均值	0.93	32.60	23.57	22.13	78.97	1.35	1.50	2.68	0.23	0.49	0.33
			标准差	0.45	5.27	12.65	3.37	8.93	0.21	0.87	1.71	0.23	0.17	0.07
	大洋壳克拉克值			4	100	100	8.9	130	1.0	1.5	1.7	0.0067	2.1	1.0

注: 平均值单位同表 1, 1)量的单位为 10^{-9}

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表3　金水口群变质岩微量元素相关系数表

Table 3　List of correlation coefficient of trace elements of metamorphic rock in the Jinshuikou group

相关系数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	Sb
Au	1.00 Ag	0.69	1.00 Cu	0.21	0.13	1.00 Pb	0.81	0.76	0.22	1.00	
Zn	0.39	0.27	0.44	0.52	1.00						
W	-0.24	0.01	0.23	-0.12	0.08	1.00					
Sn	-0.11	-0.04	-0.16	-0.07	0.45	-0.03	1.00				
Mo	-0.09	0.02	0.11	0.03	0.29	0.32	0.28	1.00			
Bi	-0.04	-0.06	-0.01	-0.05	0.40	-0.11	0.70	0.39	1.00		
As	0.09	0.39	-0.18	0.09	-0.08	0.07	0.18	0.16	0.15	1.00	
Sb	-0.01	0.38	-0.04	0.00	-0.03	0.21	0.11	0.33	-0.05	0.55	1.00

注: 样品数38, 在5% 信度的相关系数临界值为0.32。

一种活动态。通过这一作用, 这些元素以一种更容易被活化和迁移搬运的形式存在, 对于后期重新富集成矿是非常有利的。

38 件样品的R 型相关分析(表3) 表明, Au 与Ag、Pb、Zn 等元素具有正相关关系。但剔除两个特高值之后, 这种相关性已不复存在(表4) 。由此可见, 特高值造成的相关性是一种假象, 可能反映个别样品上述成矿元素的局部富集。考虑到这两个特高样品是GP5 石榴石英黑云片岩和GP15 角闪石片岩都与含中基性火山物质的原岩有关, 很可能代表局部的岩浆热液矿化作用。

W、Sn、Mo 等高温成矿元素大多没有明显偏离地壳克拉克值, 不同岩性间的分异较小, 标准差也小, 说明普遍未经历高温地质作用的改造和高温岩浆热液成矿元素的聚集。Bi 的含量大大高于克拉克值(表1, 2) , 但它与Sn、Mo、Zn 等元素的相关性显著(表4) , 说明Bi 与Sn、Mo 等元素没有经历地球化学分异作用, 可能是区域异常背景造成的。

表4　金水口群变质岩剔除特高样品后的微量元素相关系数表

Table 4　List of correlation coefficient of trace elements of metamorphic rock in the Jinshuikou group with samples of unusually high content eliminated

相关系数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	Sb
Au	1.00										
Ag	0.04	1.00									
Cu	0.13	-0.01	1.00								
Pb	-0.02	0.11	0.17	1.00							
Zn	-0.07	-0.13	0.42	0.36	1.00						
W	-0.23	0.26	0.27	0.12	0.18	1.00					
Sn	-0.12	0.01	-0.15	-0.05	0.54	-0.04	1.00				
Mo	-0.22	0.14	0.12	0.26	0.33	0.32	0.30	1.00			
Bi	0.00	0.02	0.01	0.08	0.47	-0.14	0.71	0.36	1.00		
As	0.03	0.45	-0.21	-0.12	-0.14	0.11	0.19	0.22	0.19	1.00	
Sb	0.05	0.64	-0.03	0.03	-0.01	0.21	0.11	0.35	-0.04	0.55	1.00

注: 剔除2 个特高值, 样品数36, 在5% 信度的相关系数临界值为0.32。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 4 还表明, As、Sb、Ag 之间存在较高的正相关性, 可能反映的是一种低温的地质作用和地球化学过程。

2.2 因子分析

对金水口群变质地层38 件样品11 种成矿元素的光谱分析测试结果进行R 型因子分析, 通过方差最大正交旋转, 在方差贡献累计95%的基础上获得7 个因子(表5)。各样品的因子得分表(见表6)。

从表5、6 可见, 因子 1 以Au、Ag、Pb 正高载荷及Zn 中等载荷为特征, 方差贡献占24.8%, 样品的因子得分以GP05 和GP15 为大, 反映局部的岩浆热液活动。因子2 以Sn、Bi、Zn 的高载荷为特征, 方差贡献占18.2%, 样品的正高因子得分为 GP70 闪长岩达 5.633, GP69 条纹状混合岩 0.886, 明显是反映局部岩浆或高温的热液活动; 样品中有许多因子得分为负值, 如大理岩、石英岩、片岩、片麻岩等, 反映总体上变质地层中缺乏高温热液活动。

表5 金水口群微量元素方差最大旋转R 型正交因子分析因子载荷矩阵

Table 5 The load matrix of the analysis factor on the most rotary R-orthogonal factor of the variance of the trace elements of Jinshuikou group stratum

元素	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6	因子7
Au	0.900	-0.036	-0.080	0.113	0.036	-0.185	0.042
Ag	0.843	-0.030	0.299	0.019	0.043	0.069	0.271
Cu	0.141	-0.036	-0.017	0.968	-0.045	0.122	-0.086
Pb	0.957	0.015	-0.037	0.080	-0.046	-0.020	-0.060
Zn	0.477	0.623	0.026	0.398	-0.114	0.134	-0.302
W	-0.109	-0.051	0.079	0.134	-0.161	0.958	0.051
Sn	-0.070	0.942	0.136	-0.146	-0.028	0.016	0.028
Mo	-0.004	0.227	0.177	0.054	-0.929	0.184	0.026
Bi	-0.074	0.808	-0.216	0.067	-0.323	-0.166	0.239
As	0.144	0.115	0.321	-0.117	-0.037	0.061	0.879
Sb	0.049	-0.003	0.918	-0.012	-0.176	0.085	0.293
方差贡献	2.730	2.001	1.147	1.176	1.047	1.062	1.096
累计贡献	0.248	0.430	0.534	0.641	0.736	0.833	0.933

因子3 和因子7 分别以Sb 和As 的高载荷及中低值Ag 载荷为特征, 可能反映低温地质及地球化学活动的影响, 但对Au 的影响不显著。这两个因子共同高得分的样品只有瓦勒尕的长英质粒岩, 而两者交替出现的高得分样品主要也分布在含石英比较高的岩石中, 可能伴随着后期的硅化作用。

因子4 以高Cu 载荷及中等Zn 载荷为特征, 方差贡献累计10.7%, 高得分样品主要集中在角闪片岩和黑云母片岩中, 也有石英岩和变质砂岩, 但负高得分分布于较纯的大理岩、石英岩、粒岩和白云母片岩中, 反映的是一种深源的岩浆活动及岩浆热液活动的产物。除了同沉积时期的中基性火山活动可能提供物质和热液活动驱动力以外, 后期的变质作用还达不到所要求的温度条件。

因子5 和因子6 以Mo 和W 的重荷载为特征, 可能也反映一种较高温的地质作用, 但这种作用对Au 的活动与迁移没有明显的联系。

©1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表6　金水口群微量元素方差最大旋转R 型正交因子分析因子得分

Table 6　The score of the analysis factor on the most rotary R-orthogonal factor of the variance of the trace elements of Jinshuikou group stratum

样号	岩性	Y(i, 1)	Y(i, 2)	Y(i, 3)	Y(i, 4)	Y(i, 5)	Y(i, 6)	Y(i, 7)
An9	千糜岩	- 0. 387	0. 399	2. 205	0. 972	- 0. 818	1. 419	- 0. 994
DL6	蚀变岩	- 0. 035	- 0. 134	- 0. 242	- 0. 454	1. 759	1. 120	2. 571
DL9	眼球状变质砂岩	- 0. 013	0. 150	- 0. 325	1. 048	- 0. 888	1. 410	1. 460
GP01	大理岩	- 0. 586	- 0. 347	- 0. 228	- 0. 629	0. 470	- 1. 732	- 0. 150
GP02	斜长角闪岩	0. 097	0. 174	- 0. 299	0. 373	0. 685	- 0. 210	0. 147
GP03	石英黑云片岩	0. 278	0. 023	- 0. 408	0. 727	0. 968	- 1. 283	- 0. 051
GP04	石英黑云片岩	0. 033	0. 274	- 0. 480	1. 035	- 0. 644	- 0. 316	- 0. 340
GP05	石榴石英黑云片岩	0. 681	0. 075	- 0. 980	0. 062	- 1. 778	- 0. 097	- 0. 609
GP06	石英白云片岩	- 0. 375	- 0. 650	- 0. 150	- 0. 758	- 1. 013	- 0. 469	- 0. 234
GP07	石英黑云片岩	0. 086	0. 777	- 0. 132	1. 619	- 0. 642	- 0. 744	- 1. 106
GP08	石英岩	- 0. 361	0. 068	0. 216	- 0. 893	1. 049	- 0. 875	- 0. 170
GP09	石英白云片岩	- 0. 356	- 0. 152	- 0. 400	- 0. 179	0. 002	- 0. 662	2. 201
GP10	角闪片岩	- 0. 900	- 0. 170	1. 268	4. 151	1. 032	- 1. 128	0. 119
GP11	黑云角闪石英片岩	- 0. 185	- 0. 256	0. 197	0. 466	0. 598	- 0. 763	- 0. 607
GP12	角闪石英片岩	- 0. 444	- 0. 234	- 0. 150	0. 233	1. 332	0. 298	- 0. 644
GP13	含长石英岩	- 0. 382	- 0. 419	0. 103	- 0. 582	1. 072	- 0. 781	- 0. 415
GP14	眼球状片麻岩	- 0. 098	- 0. 677	0. 451	- 0. 551	0. 206	- 0. 434	- 0. 621
GP15	角闪片岩	5. 765	- 0. 013	- 0. 214	0. 244	0. 426	- 0. 406	0. 145
GP16	千枚状石英岩	0. 531	- 0. 427	1. 636	- 0. 736	- 1. 474	- 0. 147	- 1. 521
GP17	石英绿泥石千枚岩	0. 090	- 0. 486	- 0. 539	0. 418	- 0. 730	0. 806	- 0. 233
GP18	石英岩	- 0. 035	- 0. 645	- 0. 773	1. 753	- 0. 700	2. 305	- 0. 001
GP19	绿泥绢云石英片岩	- 0. 034	- 0. 368	- 0. 679	- 0. 659	- 0. 048	1. 602	- 0. 783
GP20	蚀变石英闪长岩	- 0. 267	- 0. 164	- 0. 908	- 0. 425	- 1. 749	0. 176	- 0. 209
GP21	片麻状蚀变闪长岩	- 0. 273	- 0. 320	- 0. 475	- 0. 212	0. 588	0. 155	- 0. 760
GP22	脉岩(二长闪长岩)	- 0. 100	- 0. 078	- 0. 090	- 0. 729	0. 559	- 0. 892	- 0. 934
GP24	绿泥黑云石英片岩	- 0. 112	0. 170	- 0. 870	- 0. 334	0. 486	1. 986	- 0. 629
GP25	石英岩	- 0. 533	- 0. 330	- 0. 295	- 0. 076	1. 238	0. 250	- 0. 124
GP26	绢云石英片岩	- 0. 288	- 0. 244	- 0. 463	- 0. 461	0. 442	1. 796	- 0. 664
GP27	绿泥白云石英片岩	0. 178	0. 021	0. 346	- 0. 664	1. 232	1. 226	- 0. 559
GP28	大理岩, 有 Py	- 0. 363	- 0. 608	- 0. 251	- 1. 052	0. 061	- 0. 020	0. 231
GP29	白云母石英片岩	0. 098	0. 210	- 0. 883	0. 869	- 0. 160	- 1. 216	1. 139
GP30	大理岩	- 0. 456	- 0. 703	- 0. 660	- 0. 896	0. 073	- 0. 328	0. 921
GP31	石英岩	0. 040	- 0. 874	0. 170	- 1. 036	0. 116	- 1. 028	0. 133
GP32	绿泥白云石英片岩	- 0. 519	0. 023	- 0. 359	- 0. 202	0. 422	- 0. 205	- 0. 511
GP67	白云母石英片岩	- 0. 372	- 0. 485	1. 559	- 0. 738	- 2. 239	- 1. 077	- 0. 592
GP69	条纹状混合岩	- 0. 556	0. 886	- 1. 288	- 0. 102	- 2. 316	- 0. 590	2. 495
GP70	角闪岩	- 0. 219	5. 633	0. 210	- 0. 856	0. 375	- 0. 001	- 0. 412
WL2	长英质粒岩	0. 373	- 0. 099	4. 180	- 0. 748	0. 007	0. 854	2. 313

总之, 金水口群虽经历许多地质过程, 物质来源丰富, 但总体上说 Au 含量不高, 仅个别含有火山物质的样品中 Au 的含量偏高; 样品未见明显的分异, 尚无可靠证据表明后期的地质作用导致 Au 的活化或者迁移。

3　万宝沟群

3.1　统计和相关分析

万宝沟群变质地层各种岩石类型的微量元素含量统计(见表7), 元素间相关系数(见表8)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表7　万宝沟群变质岩微量元素统计值

Table 7　The statistics of trace elements of metamorphic rock in Wanbaogou group

层位	岩 性	样品数	统计值	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	Sb
	千枚岩	15	平均值	2.79	87.25	50.48	15.60	70.04	1.66	1.71	4.07	0.17	1.24	0.48
			标准差	1.74	150.27	34.34	4.98	11.38	0.68	0.87	2.67	0.07	1.32	0.20
万	硅板岩	2	平均值	1.45	35.15	35.32	22.88	84.36	1.39	2.45	2.79	0.27	1.13	0.28
			标准差	0.07	5.30	7.67	7.73	3.68	0.04	1.91	1.77	0.12	0.53	0.00
宝	石英砂岩	8	平均值	2.26	47.30	22.66	22.47	56.48	1.69	1.94	4.51	0.39	2.18	0.67
			标准差	1.41	13.77	22.58	14.15	31.99	0.37	1.68	1.39	0.28	2.60	0.21
沟	大理岩	2	平均值	1.05	178.40	9.25	10.12	23.76	1.75	1.00	4.18	0.40	2.54	2.26
			标准差	0.35	269.69	2.48	5.97	3.25	0.44	0.00	0.71	0.21	1.58	2.85
群	结晶灰岩	1		10.00	489.80	10.46	16.95	26.01	1.26	1.00	4.04	0.50	4.36	5.55
	大洋壳克拉克值			4	100	100	8.9	130	1.0	1.5	1.7	0.0067	2.1	1.0

注: 平均值单位同表1, 千枚岩剔除2 件$_{Au}$ 特高值:GP51 绿泥石英千枚状板岩w(Au) 为39.5×10^{-9}, GP58 钙质千枚岩w(Au) 为13.0×10^{-9}。

表8　万宝沟群变质岩微量元素相关系数表

Table 8　List of correlation coefficient of trace elements of metamorphic rock in Wanbaogou group

相关系数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	Sb
Au	1.000										
Ag	0.115	1.000									
Cu	0.255	0.333	1.000								
Pb	-0.146	-0.064	-0.041	1.000							
Zn	0.013	-0.011	0.556	0.289	1.000						
W	-0.151	0.305	0.128	-0.078	0.057	1.000					
Sn	-0.033	0.167	0.150	0.347	0.335	0.228	1.000				
Mo	0.003	0.042	-0.123	0.162	0.160	0.386	0.177	1.000			
Bi	-0.165	0.114	-0.089	0.565	0.084	0.118	0.288	0.222	1.000		
As	-0.007	0.132	-0.247	0.203	-0.302	0.182	0.423	0.266	0.386	1.000	
Sb	0.280	0.446	-0.084	-0.024	-0.129	-0.100	0.142	0.063	0.267	0.273	1.000

注: 样品数28, 在5% 信度的相关系数临界值为0.36

从表7 可见, 剔除特高值以后, 万宝沟群中Au 的含量偏低, 普遍低于地壳克拉克值。千枚岩15 件样品平均值为2.79×10^{-9}, 硅板岩2 件样品平均1.45×10^{-9}, 石英砂岩8 件平均2.26×10^{-9}, 大理岩2 件平均1.05×10^{-9}。但1 件结晶灰岩达到10.0×10^{-9}, 远高于克拉克值。各种岩石类型中Au 的标准差都比较小, 说明Au 的地球化学分异不强。除此之外, 只有Pb、Mo、Bi 等亲硫元素有一定的富集, 而其它元素基本上都是贫化的。

从相关系数表可见, Au 与其它元素都没有明显的相关性。而Ag 与Sb、Cu 与Zn、Pb 与Bi、W 与Mo、Sn 与As、Bi 与As 均表现出正相关性, 基本上反映相近的热液地球化学性质。

3.2　因子分析

对万宝沟群变质地层28 件样品11 种成矿元素的光谱分析测试结果进行R 型因子分析, 通过方差最大正交旋转, 在方差贡献累计95% 的基础上获得8 个因子(表9), 各样品的因子得分表(见表10)。

因子1 以Bi 的高荷载和Pb、Sb 中等荷载为特征, 反映热液蚀变信息, 高因子得分位于GP54 石英岩、GP59 大理岩、GP61 结晶灰岩、GP58 钙质千枚岩和GP64 变质砾岩。因子2 以Cu、Zn 的高荷载为特征, 反映中温热液蚀变信息, 高得分位于GP54 石英岩、GP55 绿泥石英千枚岩和GP58 钙质千枚岩。因子3 以

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表9　万宝沟群微量元素方差最大旋转R型正交因子分析因子载荷矩阵

Table 9　The load matrix of the analysis factor on the most rotary R-orthogonal factor of the variance of the trace elements of Wanbaogou group stratum

元素	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6	因子7	因子8
Au	-0.062	0.065	0.082	0.119	0.958	0.011	-0.036	0.082
Ag	-0.005	0.054	0.956	-0.205	0.053	-0.063	0.024	-0.028
Cu	-0.068	0.739	0.241	-0.308	0.315	-0.007	0.280	-0.025
Pb	0.336	0.123	-0.036	0.138	-0.098	-0.197	-0.111	-0.856
Zn	0.048	0.923	-0.080	0.044	-0.041	-0.133	-0.167	-0.126
W	0.086	0.049	0.176	-0.833	-0.140	-0.146	-0.301	0.162
Sn	0.070	0.258	0.089	-0.035	-0.070	-0.908	-0.072	-0.122
Mo	0.081	0.011	0.010	-0.196	0.040	-0.099	-0.943	-0.089
Bi	0.902	-0.015	0.068	-0.068	-0.094	-0.155	-0.081	-0.310
As	0.275	-0.518	0.077	-0.169	0.136	-0.665	-0.113	-0.116
Sb	0.415	-0.123	0.603	0.453	0.195	-0.182	-0.143	0.317
方差贡献	1.205	1.773	1.400	1.145	1.122	1.415	1.145	1.016
累计贡献	0.110	0.271	0.398	0.502	0.604	0.733	0.837	0.929

表10　万宝沟群微量元素方差最大旋转R型正交因子分析因子得分

Table 10　The score of the analysis factor on the most rotary R-orthogonal factor of the variance of the trace elements of Wanbaogou group stratum

No	岩性	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	Y(i,4)	Y(i,5)	Y(i,6)	Y(i,7)	Y(i,8)
GP33	绿泥石英千枚岩	-0.832	-0.025	-0.356	0.532	-0.018	0.666	-0.492	0.128
GP34	绿泥千枚岩	-0.691	0.031	-0.150	-0.086	0.073	0.534	-0.178	0.296
GP35	变晶屑凝灰岩	0.002	0.273	-0.327	-2.154	-0.542	0.599	-0.392	0.964
GP36	绢云石英千枚岩	-0.090	1.053	-0.232	-0.673	-0.100	0.610	-0.297	0.635
GP37	绢云石英千枚岩	-0.623	0.755	-0.307	0.338	-0.418	-0.514	1.666	0.548
GP38	绿泥石英千枚岩	-1.156	0.770	-0.169	0.887	-0.362	-0.710	-0.295	-0.061
GP39	含绢云硅板岩	-0.893	0.742	-0.437	0.658	-0.616	-1.470	0.043	0.043
GP41	含绢云硅板岩	0.579	0.534	-0.385	0.433	-0.534	0.643	0.897	-1.079
GP43	绿泥绢云石英千枚岩	0.026	0.970	0.260	-0.262	0.204	0.737	1.943	-0.351
GP44	绿泥千枚岩	-0.859	-0.389	-0.087	0.765	-0.594	0.636	0.799	-0.677
GP45	千枚状石英岩	-0.141	-0.420	-0.368	0.265	-0.248	0.605	0.841	0.067
GP46	绿泥石英千枚岩	-1.314	0.600	0.307	1.035	-0.331	-0.404	-0.489	-1.478
GP47	绿泥石英千枚岩	-0.544	-0.333	-0.477	-0.111	-0.074	-0.835	1.512	0.491
GP48	绿泥石英千枚岩	-0.294	-0.608	-0.213	0.505	-0.623	-0.090	1.253	0.289
GP49	绿泥石英千枚岩	-0.164	0.251	-0.400	0.037	-0.552	0.155	-3.653	0.261
GP50	石英岩	-0.597	-1.233	0.049	0.328	-0.284	0.557	-0.225	0.017
GP51	绿泥石英千枚状板岩	-0.481	0.163	-0.728	-0.295	5.065	0.545	0.018	-0.348
GP52	绢云石英千枚岩	0.011	-0.504	-0.456	-0.100	0.455	-0.550	-0.634	-0.713
GP53	千枚状石英岩	0.100	-0.684	-0.102	-0.262	-0.368	0.451	0.047	0.859
GP54	石英岩	3.612	2.339	-0.559	-0.106	-0.337	0.181	-0.041	-1.295
GP55	绿泥石英千枚岩	-1.138	1.585	3.434	-2.827	-0.073	-0.532	0.092	-0.187
GP56	绿泥绢云石英千枚岩	0.162	0.547	-0.150	0.051	0.204	0.721	-0.467	0.181
GP57	含绿泥石石英岩	0.002	0.536	-0.288	0.209	-0.278	0.730	-1.363	-0.212
GP58	钙质千枚岩	0.942	1.341	0.306	2.247	0.616	-2.006	-0.186	2.345
GP59	大理岩	1.936	-1.288	-0.668	-1.287	-0.280	0.811	0.606	1.440
GP60	大理岩	-0.393	-1.346	-0.349	-0.462	-0.433	0.488	-0.429	0.838
GP61	结晶灰岩	1.584	-1.792	3.759	1.705	0.590	0.256	-0.252	0.408
GP62	千枚状含砾砂岩	0.084	-0.966	-0.433	-0.134	-0.054	0.525	-0.062	0.878
GP63	长英质粒岩	0.351	-1.153	0.229	0.407	-0.310	0.531	-0.040	-3.233
GP64	变质砾岩	0.819	-1.749	-0.702	-1.643	0.222	-3.869	-0.223	-1.053

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Ag 和Sb 的高荷载为特征, 反映较低温的热液活动, 高因子得分位于GP55 绿泥石英千枚岩和GP61 结晶灰岩。这些样品共同点是靠近闪长岩体, 可能是受到浅成岩体热液蚀变的影响。但这三个因子的Au 荷载都很低, 说明上述热液活动并未造成Au 的富集。因子4、6、7、8 以W、Sn、Mo、As、Pb 的负高荷载为特征, 可能反映缺乏热液蚀变的特点, 也与 Au 无明显关系。唯一一个与Au 相关的因子是因子5, Au 高荷载而Cu 中等荷载, 只有GP51 一个样品出现特高的得分(5.065), 反映局部的Au 富集, 没有普遍性的意义。

由此可见, 万宝沟群变质地层虽经历多期构造活动和变质作用, 尤其是受到后期岩浆活动的侵入和热液蚀变, 但对 Au 的富集并没有起到很有效的作用, 也没有明显的证据表明地层对金矿的形成提供了成矿物质的来源。

4 侵入岩体

果洛龙洼地区15 个岩体样品分布于4 个区, 除果洛龙洼矿区为闪长岩外, 其它均为酸性岩。全岩的微量元素含量统计值(见表11)。

表11 果洛龙洼地区侵入岩微量元素统计值

Table 11 The statistics of trace elements of intrusive rock in the Guoluolongwa region

层位	岩 性	样品数	统计值	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	Sb
岩体	果洛龙洼闪长岩	4	平均值	1.73	43.68	21.04	13.89	79.59	1.84	1.33	3.12	0.21	2.33	1.07
			标准差	1.30	23.17	14.17	6.01	25.31	1.06	0.65	2.25	0.06	1.87	1.22
岩	沟里花岗岩	3	平均值	3.83	30.50	8.83	13.25	28.44	1.24	2.87	3.28	0.35	1.58	0.65
			标准差	1.60	1.21	7.50	5.96	4.88	0.18	0.72	0.74	0.22	0.54	0.05
	按纳格和瓦勒尕岩体	3	平均值	2.73	107.50	22.43	20.40	60.91	1.58	3.00	3.55	0.30	2.00	2.88
			标准差	2.26	98.47	26.05	5.13	18.04	0.33	3.46	0.86	0.16	1.12	3.39
体	达理吉格塘岩体	5	平均值	3.96	60.12	10.39	19.35	51.09	1.46	1.00	2.32	0.23	12.23	0.96
			标准差	2.78	18.94	5.70	5.76	13.50	0.43	0.00	1.30	0.03	16.47	0.36
	大洋壳克拉克值			4	100	100	8.9	130	1.0	1.5	1.7	0.0067	2.1	1.0

注: 平均值单位同表

从表11 可见, 岩体中虽然Au 的平均含量偏低, 低于地壳及酸性岩的丰度值, 但相比之下, 果洛龙洼闪长岩的含量更低, 而酸性岩的含量稍高, 且标准差较大。酸性岩单个样品的Au 含量相差较大, 总体上看, 新鲜样品的Au 含量偏高, 个别达到 5.4×10^{-9}和 8.7×10^{-9}, 而遭受硅化、绢云母化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化的岩石含Au 量普遍降低。说明岩浆含Au 量较高, 在蚀变过程中Au 有可能被部分活化出来进入成矿溶液, 为成矿提供物质来源。

5 结论

通过以上数据统计分析和研究, 得出如下结论:

(1) 通过对岩石微量元素测试和统计, 无论是金水口群还是万宝沟群, 其各类岩石金的背景值均明显低于地壳克拉克值, 局部的高值点仅仅是矿化作用的结果。也就是说, 没有明显的证据表明金水口群和万宝沟群是东昆仑成矿带金矿成矿的矿源层。

(2) 总体来看, 万宝沟群中金的含量高于金水口群, 亦即金在地层中的含量随着岩石变质程度的增强而减少, 同样, 金在新鲜酸性岩体中的含量也高于蚀变岩体, 说明金在变质作用过程当中发生活化迁移; 这种迁移对区内金矿的成矿作用具有一定的积极意义。

(3) 通过对11 种成矿元素的光谱分析测试结果进行R 型因子分析, Cu、Pb、Zn、Ag 等与Au 的分布也有一定的相关性, 反映岩浆中温热液对金的成矿富集具有重要的作用。

参考文献:

[1] 袁万明, 莫宣学, 喻学惠, 等. 东昆仑早石炭世火山岩的地球化学特征及其构造背景[J]. 岩石矿物学杂志, 1998, 17(4): 289-295.

[2] 殷鸿福, 张克信. 东昆仑造山带的一些特点[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1997, 22(4): 339-342.

[3] 张德全, 丰成友, 李大新, 等. 柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿

©1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

床[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 137–146.
[4] 青海省地质矿产局. 青海省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 46–48.
[5] 钱壮志, 胡正国, 李厚民, 等. 东昆仑中带金矿成矿特征及成矿模式[J]. 矿床地质, 2000, 19(4): 315–321.
[6] 钱壮志, 胡正国, 刘继庆, 等. 东昆仑中带金矿成矿地质特征[J]. 西安工程学院学报, 2000, 22(2): 22–26.
[7] 李厚民, 胡正国, 钱壮志, 等. 对东昆仑金及多金属主要成矿系列的初步认识[J]. 西安工程学院学报, 1999, 21(4): 51–56.
[8] Boyle R W. Gold deposits in turbidite sequences: t heir geology, geochemistry, and history of the theories of their origin [A]. In: Keppie J D, Boyle R W and Hayness S J (ed s.) Turbidite-host ed Gold Deposits[C]. Geological Association of Can ad a, Newfoundland, 1986: 1–13.
[9] 魏启荣, 李德威, 王国灿. 东昆仑万保沟群火山岩(Pt_2w)岩石地球化学特征及其构造背景现[J]. 矿物岩石, 2007, 27(1): 97–106.
[10] Seward T M. Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solutions[J]. Geochimica et Cos-mochimica Acta, 1973, 37: 379–399.

Analysis of ore-bearing stratum at the gold mine within the east segment of the East Kunlun in Qinghai province

WU Ting-xiang[1,2], ZHANG Shao-ning[3], AN Ru-long[3], SHI Gen-hong[3], DOU Hong-wei[3]
(1. *China University of Geosciences, Beijing* 100083;
2. *Qinghai Provincial Bureau of Nonferrous Metal and Geological Exploration, Xining* 810007;
3. *General Team 8# of Qinghai Provincial Bureau of Nonferrous Metal and Geological Exploration, Xining* 810012)

Abstract: In recent years, survey results indicate that there are many gold deposits in the east segment of the East Kunlun, which are located within the different ore-bearing strata. Based on the analysis of the geochemistry of trace elements of various strata and volcanic rocks, it is confirmed that the stratum is not the material source of gold mineralization, and that the regional metamorphism leads to the activation and migration of gold, and that magmatic hydrothermal fluid plays an important role in gold enrichment at the later period.
Key Words: gold deposit, metamorphism, element enrichment, the East Kunlun

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net