第 38 卷 第 3 期
2023 年 9 月:367 - 374

地 质 找 矿 论 丛
Contributions to Geology and Mineral Resources Research

Vol. 38 No. 3
Sep. 2023:367 - 374

doi:10.6053/j.issn.1001 - 1412. 2023. 03. 013

敦煌地块南缘夹山地区水系沉积物地球化学特征与找矿远景

王飞,刘战鹏,梁慧斌,包久荣,刘建,孔祥栋
(天津华北地质勘查总院,天津 300170)

摘要: 在甘肃夹山地区开展 1∶5 万水系沉积物测量,通过水系沉积物样品分析结果的数理统计,从地球化学参数特征、元素组合特征、元素区域分布规律及异常特征等方面,对夹山地区地球化学特征进行了分析研究。结果表明,该区主要成矿元素异常受古元古界-新太古界敦煌岩群和华力西期岩浆-构造成矿体系控制,结合区内矿产分布及成矿地质特征,圈定了 4 处多金属矿找矿远景区,主攻矿种为金多金属、铜多金属、稀有金属。

关键词: 水系沉积物;地球化学特征;元素组合;找矿远景区;夹山地区;甘肃

中图分类号: P596 **文献标识码:** A

0 引言

夹山地区地处阿尔金山北缘,敦煌地块南缘,行政上隶属甘肃省敦煌市阿克塞哈萨克族自治县管辖;该区位于三危山金铁宝石成矿带,该成矿带是甘肃西部重要的四级成矿带之一[1-4],目前于该成矿带范围内发现了金、铁、宝玉石矿床十几处,矿(化)点几十处,其中规模较大、品位较高且具有工业价值者有小西弓金矿、小宛南山金矿床、多坝沟金矿、安北铁矿床、大水峡北石墨矿床等[5-10]。由于区内地质勘查工作投入较少,区内矿产勘查未能取得较大的突破。本文基于该区 1∶5 万水系沉积物地球化学测量成果,阐述本区地球化学特征,结合本区成矿地质特征,对该区异常找矿潜力进行研究,优选出找矿远景区,为区域矿产勘查工作突破提供重要参考。

1 区域地质概况

夹山地区大地构造位置处于塔里木板块(I_3)东端敦煌地块(II_5)之敦煌地块南缘(III_3^2)(图 1a),区内地质构造较复杂,岩浆活动较强烈,成矿地质条件有利[11]。

1.1 地层

夹山地区地层划属塔里木-南疆地层大区(Ⅳ)之塔里木地层区(IV_2)之塔南地层分区(IV_2^3)[11]。区内出露地层主要包括古元古界-新太古界、侏罗系和第四系等(图 1b)。

古元古界-新太古界由敦煌岩群(ArPtD)构成,是区内最老的地层,亦是区内主体地层,分布在青木土山、青山梁至多坝沟一带,呈近东西向延伸,按岩性及相对层序划分为 2 个岩组,即火山岩组(ArPtD^a)与混合岩组(ArPtD^b),前者岩性主要为肉红色片理化流纹岩、暗灰色英安岩、深绿色蚀变安山质凝灰熔岩等,后者岩性主要为黑灰色黑云斜长角闪质条纹-条带状混合岩、均质混合岩-混合斜长花岗岩及钾长疏斑-眼球状混合岩,两岩组在韩家台子呈断层接触。

中生界下-中侏罗统水西沟群($\mathrm{J}_{1-2}s$)仅在多坝沟东北一带极少量分布,呈近三角形展布,为一套含煤碎屑岩系,主要由粉砂岩、长石砂岩及砾岩组成。

收稿日期: 2022 - 12 - 12; **改回日期:** 2023 - 06 - 13; **责任编辑:** 沈名星

基金项目: 甘肃省基础地质调查项目"甘肃省阿克塞县夹山—崔木土地区 1∶5 万矿产远景调查"(编号:[2016]46 号)资助。

作者简介: 王飞(1984—),男,工程师,硕士,主要从事地球化学勘查。通信地址:天津市河东区广瑞西路 67 号,天津华北地质勘查总院;邮政编码:300170。E-mail:wfing1987@aliyun.com

该群北部与古元古界-新太古界敦煌岩群呈断层接触，南部与敦煌岩群混合岩组呈不整合接触。

第四系主要包括冲积-洪积物、洪积-湖积物、少量风积物，主要分布于山沟或地势平缓处。

1.2 岩浆岩

本区岩浆作用频繁，侵入岩较为发育，具多期次、多阶段侵入的特点，分布于崔土木至多坝沟一带，呈岩株、岩枝、岩脉状产出。侵入岩主要形成于加里东期和华力西期，从基性岩至酸性岩均有发育，主要岩石类型为黑云母花岗岩、钾长花岗岩、斜长花岗岩、闪长岩、辉长辉绿岩等。

1.3 火山岩

火山岩主要分布于多坝沟—刘家台子—三个锅椿一带，沿北东、北东东向展布，构成古元古界-新太古界敦煌岩群火山岩组，北侧为第四系覆盖，南侧与古元古界-新太古界敦煌岩群混合岩组呈不整合接触或断层接触，在多坝沟东一带与二叠纪花岗岩体呈断层接触，后期为二叠纪花岗岩脉侵入。该区火山岩主要由肉红色片理化流纹岩、暗灰色英安岩、深绿色蚀变安山质凝灰熔岩组成，为一套海相喷发岩建造，厚度较大，受区域变质作用、石炭纪混合岩化作用影响强烈，岩石变质、变形程度较深。

1.4 变质岩

区内发育的变质岩主要是区域性混合岩化作用的产物，即古元古界—新太古界敦煌岩群；另外由于区内岩浆岩及其脉岩的侵入，地层与岩体接触带接触交代作用较显著，主要岩石有绿泥石红柱石角岩、斜长绿泥绿帘角闪片岩、黑云母片岩、大理岩、绢英岩等；此外，动力变质岩主要分布于断裂带中及断裂带两侧次级小断层中，以碎裂岩石为主。

1.5 构造

该区位于规模巨大的阿尔金走滑断裂北侧，该断裂持续脉冲式的活动，至今仍有迹象，受此影响，区内断裂十分发育，规模不等，种类繁多，根据空间展布可划分为 3 组，即 NE、NW 向和近 EW 向断裂，以 NE 向、NW 向为主，次为 EW 向。区内规模较大的褶皱构造主要发育 2 个，即 EW 向多坝沟—崔木土向斜和多坝沟东背斜。这些构造形迹的展布基本上与阿尔金山总体走向一致。

2 水系沉积物测量方法与数据处理

(1)样品采集

依据甘肃省景观地球化学分区特征，该区属低山丘陵景观区，海拔一般为 1600～1900 m。相对高差一般为 100～200 m，整个低山区少雨缺水，干燥炎热，基岩裸露，植被不发育，光山秃岭，半荒漠化景

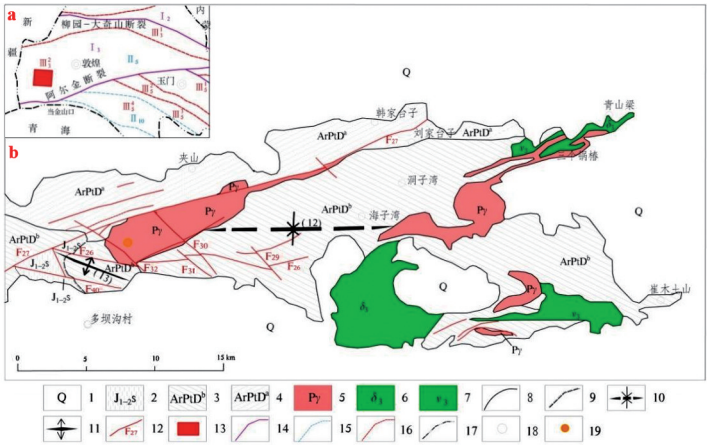

图 1 夹山地区大地构造位置及地质简图

Fig. 1 Map showing geotectonic position and geological sketch of Jiashan area

a. 夹山地区大地构造位置；b. 夹山地区地质简图

1. 第四系松散堆积物；2. 中下侏罗统水西沟群；3. 敦煌岩群混合岩组；
4. 敦煌岩群火山岩组；5. 二叠纪花岗岩；6. 加里东期闪长岩；
7. 加里东期辉长岩；8. 地质界线；9. 不整合界线；
10. 向斜轴及短轴向斜；11. 背斜轴及短轴背斜；12. 断裂及编号；
13. 工作区；14. 一级构造单元界线及编号；15. 二级构造单元界线及编号；
16. 三级构造单元界线及编号；17. 省界；18. 地名；19. 铌钽矿点

观十分明显，以物理风化为主，化学风化为辅，适宜开展水系沉积物测量。

本次水系沉积物测量面积约 452.57 km^2，采集样品 2063 件，采样密度 4.56 个/km^2；采样点附近一定范围(30～50 m)内进行多点(不少于 3 处)组合采样，对采集的样品在充分干燥后截取为－4～＋20 目粒度物质作为分析样品，且分析样品重量大于 300 g。

(2)样品加工与测试方法

采用玛瑙无污染球磨机加工分析样品细磨至－200 目。分析元素为 Au、Ag、Hg、Bi、Sn、Cu、Pb、Zn、Fe、Cr、Mo、W、Sb、Li、Be、Nb、Ta、As 共 18 种元素，各元素分析方法见表 1。

(3)地球化学参数统计

首先统计全区及各地质单元的样品数(N)、各元素平均值(X)、标准离差(S)及变化系数(＜Cv)、富集系数(K)等地球化学参数；之后采用迭代剔除方法，以算术平均值(X)加减 3 倍标准离差(S)将影响背景和异常的畸变点进行迭代剔除；最后计算统计各元素异常下限(T)，从而圈定各元素异常及综合异常等[12-14]。

3　地球化学特征

3.1　元素的富集与分散

对夹山地区的样品测试结果进行整理分析(表 2)显示，调查区内各元素地球化学背景与河西走廊区域元素背景值[15]浓集系数 $K1$：工区除 Bi 外其它元素背景值与区域地层中元素丰度相当，浓集系数 $K1$ 在 0.50 与 1.50 之间，无相对贫化元素，属正常背景分布。从变异系数看出：Au、As、Hg、Bi、W 含量分布极不均匀，属强分异型(Cv＞1.0)；Sn、Fe_2O_3、Ag 元素含量变化小，属均匀型(Cv≤0.5)；其余元素含量变化中等，分布不均匀，属分异型(0.5＜Cv≤1)。

3.2　主要地质单元元素分布特征

由于各时代地层、岩浆岩形成环境、物质来源不同，其集散变化有明显差异，统计本区主要出露地层单元及岩体元素平均含量(X)、变异系数(＜Cv)、浓集比率($K2$＝某地质单元样品元素平均值/区内全部样品该元素平均值)，结果(表 3、表 4、表 5)表明：敦煌岩群火山岩中 Au、Li、Nb、Ta、W、Mo、Cu、Zn、Fe、Bi 相对富集($K2$≥1.2)，贫化元素为 As、Sb($K2$＜0.8)；其中元素含量变化 Au、W、Bi 为强分异型(Cv＞1.0)，Cu、Pb、Zn、Mo、As、Hg、Be、Cr 为分异型(0.5＜＜Cv≤1)，其余元素属均匀型(Cv≤0.5)。该地层中 Au、Cu、Pb、Zn、W、Mo、Bi 相对富集且变化显著，是寻找贵金属及有色金属矿床的有利地段。

表 1　样品分析方法

Table 1　Analysis of samples

分析方法	项目数	分析元素
等离子体质谱法(ICP-MS)	1	Au
原子荧光光谱法(HG-AFS)	3	As、Sb、Hg
全谱直读电弧发射光谱法(ES)	3	Ag、Pb、Sn
火焰原子吸收法(AAS)	1	Fe
等离子体质谱法(ICP-MS)	10	Bi、Cu、Zn、Cr、Mo、W、Li、Be、Nb、Ta

表 2　调查区各元素与甘肃省河西走廊区域背景值对比

Table 2　Background value comparison of Hexizoulang area and the study area

元素	$X1$	S	Cv	$X2$	$K1$	元素	$X1$	S	Cv	$X2$	$K1$
Ag	36.78	15.51	0.42	49.08	0.78	Mo	0.58	0.30	0.52	0.55	1.05
As	3.36	5.63	1.68	5.61	0.60	Nb	6.56	3.26	0.50	10.31	0.64
Au	0.66	1.88	2.86	1.21	0.55	Pb	16.25	12.45	0.77	17.62	0.92
Be	1.68	0.94	0.56	1.42	1.18	Sb	0.47	0.48	1.01	0.49	0.96
Bi	0.08	0.32	3.77	0.25	0.32	Sn	1.52	0.55	0.36	1.9	0.80
Cr	47.14	31.94	0.68	53.22	0.89	W	0.64	2.07	3.24	1.09	0.59
Cu	16.47	10.08	0.61	16.92	0.97	Zn	31.93	21.86	0.68	45.12	0.71
Hg	5.87	10.61	1.81	10.01	0.59	Fe_2O_3	2.46	0.94	0.38	3.33	0.74
Li	13.66	7.26	0.53	13.02	1.05	Ta	0.60	0.32	0.53		

注：$X1$. 平均值(本区)，$X2$. 平均值(河西走廊)，S. 标准离差，Cv. 变异系数＝标准离差/平均值。量单位：$w(Fe_2O_3)$/%；w(Au、Ag、Hg)/10^{-9}；$w_B/10^{-6}$。

敦煌岩群混合岩中相对富集元素较多，分别为Li、Be、Ta、Fe、Cu、Pb、Zn 、W、Mo，贫化元素为 As、Sb；在元素含量变化上 Au、W、Bi 为强分异型，Ag、Li、Be、Cr、Cu、Zn、As、Hg 为分异型。该地层中 Cu、Zn、W、Mo、Ag、Li、Be 等元素相对富集且变化显著，是寻找有色金属矿床及稀有金属的有利地段。

加里东期闪长岩中相对富集元素较多，分别为Li、Be、Nb、Ta、Zn、Mo、Hg，在元素含量变化上 Au 为强分异型，Cr、Bi 为分异型；辉长辉绿岩中 Li、Be、Ta、Cr、Fe、Cu 相对富集，含量变化上 W、Bi 为强分异型，Au、Cr 为分异型。上述结果表明，加里东期闪长岩、辉长辉绿岩中各元素含量背景值较高，但变化系数较小，是成矿物质的重要来源地质体。

华力西期崔木土花岗岩中相对富集元素较多，分别为 Li、Be、Nb、Ta、Sn、Pb、Bi，贫化元素为 Au、Cr、Cu、As、Sb，其余元素与全区背景含量相当；在元素含量变化上 Au、W、Bi 为强分异型，Li、Be、Cr、Cu、Mo、As、Sb、Hg 为分异型，其余元素为均匀型。Li、Be、Nb、Ta、Bi、Pb、W、Mo 等元素相对富集且变化显著，是寻找稀有金属的有利地段。

表 3 主要地质单元各元素地球化学特征值统计

Table 3 Eigen value statistics of each element of major geological units

元素	全区	敦煌岩群混合岩			敦煌岩群火山岩			华力西期花岗岩			加里东期闪长岩			加里东期辉长辉绿岩		
		X	*Cv*	*K*2	*X*	*Cv*	*K*2	*X*	*Cv*	*K*2	*X*	*Cv*	*K*2	*X*	*Cv*	*K*2
Au	0.66	0.56	1.78	0.85	1.40	4.09	2.13	0.47	1.66	0.71	0.45	1.04	0.69	0.42	0.52	0.64
Ag	36.78	40.08	0.69	1.09	43.2	0.23	1.17	34.33	0.26	0.93	38.41	0.20	1.04	35.74	0.21	0.97
Li	13.66	18.06	0.53	1.32	19.58	0.33	1.43	18.09	0.52	1.32	18.70	0.30	1.37	17.90	0.36	1.31
Be	1.68	2.13	0.52	1.27	1.97	0.52	1.18	2.56	0.62	1.53	2.30	0.46	1.37	2.01	0.39	1.20
Cr	47.14	39.39	0.87	0.84	39.62	0.69	0.84	21.61	0.90	0.46	36.71	0.79	0.78	94.65	0.60	2.01
Fe	2.46	2.94	0.37	1.20	3.97	0.33	1.45	2.10	0.44	0.85	4.55	0.27	1.85	3.66	0.35	1.49
Cu	16.47	21.59	0.67	1.31	34.76	0.56	2.11	12.59	0.69	0.76	15.35	0.34	0.93	21.03	0.38	1.28
Zn	31.93	40.54	0.72	1.27	59.05	0.58	1.85	31.56	0.42	0.99	55.38	0.30	1.73	36.13	0.34	1.13
Nb	6.56	7.73	0.39	1.18	9.96	0.26	1.52	9.68	0.40	1.48	13.13	0.33	2.00	7.01	0.39	1.07
Mo	0.58	0.71	0.48	1.22	1.05	0.60	1.82	0.61	0.53	1.05	0.91	0.31	1.57	0.63	0.41	1.09
Sn	1.52	1.78	0.30	1.17	1.56	0.32	1.03	1.88	0.28	1.24	1.70	0.22	1.12	1.56	0.33	1.03
Ta	0.60	0.77	0.38	1.28	0.75	0.39	1.26	0.97	0.41	1.61	1.24	0.32	2.06	0.97	0.38	1.62
W	0.64	1.04	4.46	1.62	1.45	1.23	2.27	0.57	1.51	0.89	0.55	0.43	0.86	0.58	1.35	0.90
Pb	16.25	21.41	0.48	1.32	18.84	0.73	1.16	26.94	0.27	1.66	17.92	0.30	1.10	15.63	0.47	0.96
As	3.36	1.75	0.81	0.52	2.32	0.83	0.69	1.46	0.59	0.44	1.87	0.34	0.56	1.52	0.37	0.45
Sb	0.47	0.22	0.45	0.46	0.22	0.38	0.46	0.17	0.51	0.36	0.24	0.43	0.51	0.14	0.19	0.29
Bi	0.08	0.10	1.72	1.18	0.18	2.39	2.14	0.17	6.37	2.07	0.03	0.85	0.35	0.04	3.33	0.46
Hg	5.87	5.61	0.58	0.96	6.51	0.89	1.11	4.89	0.50	0.83	7.44	0.39	1.27	5.56	0.27	0.95

量单位：w(Au, Ag, Hg)/10^{-9}，w(Fe)/%，w_B/10^{-6}。*X*.平均值(本区)，*X*2.平均值(河西走廊)，S.标准离差，*Cv*.变异系数＝标准离差/平均值。

表 4 夹山地区主要地质单元元素富集和贫化特征

Table 4 Single element enrichment and depletion of major geological units in Jiashan area

时代及岩性	富集 $K2\geqslant1.2$	一般 $1.2>K2\geqslant0.8$	贫化 $K2<0.8$
敦煌岩群混合岩	Li Be Ta Fe Cu Pb Zn W Mo	Au Ag Hg Cr Sn Nb Bi	As Sb
敦煌岩群火山岩	Au Li Fe Nb Ta W Mo Cu Zn Bi	Be Cr Cu Pb Zn	As Sb
华力西期花岗岩	Li Be Nb Ta Sn Pb Bi	Ag Fe Zn W Mo Hg	Au Cr Cu As Sb
加里东期闪长岩	Li Be Nb Ta Zn Mo Hg	Ag Zn Mo Sn Cu Co Y	Sb As Au Cr Bi
加里东期辉长辉绿岩	Li Be Ta Cr Fe Cu	Pb Zn Ag Ta Mo Hg	As Sb Bi Au

表 5 调查区主要地质单元元素变异系数特征

Table 5 Variation coeficient of single element of major geological units in the study area

时代及岩性	强分异型 $Cv\geqslant1.0$	分异型 $1.0>Cv>0.5$	均匀型 $Cv\leqslant0.5$
敦煌岩群混合岩	Au W Bi	Ag Li Be Cr Cu Zn As Hg	Fe Nb Ta Mo Sn Pb Sb
敦煌岩群火山岩	Au W Bi	Cr Cu Pb Zn Mo As Hg Be	Li Nb Ta Ag Fe Sn Sb
华力西期花岗岩	Au W Bi	Li Be Cr Cu Mo As Sb Hg	Ag Fe Pb Zn Nb Ta Sn
加里东期闪长岩	Au	Cr Bi	Li Be Nb Ta Ag Fe Cr Cu Pb Zn Sn As Sb Hg Mo
加里东期辉长辉绿岩	W Bi	Au Cr	Li Be Nb Ta Ag Fe Cu Pb Zn Sn As Sb Hg Mo

3.3　元素组合特征

为了解区内元素间的相关程度，以及元素组合和地质构造背景的依存关系，对全区地球化学测试样品分析结果进行 R 型聚类分析，结果表明，区内 18 种指示元素分为 3 大类（图 2）：①Nb、Ta、Li、Be、Fe、Cu、Mo、Zn、Sn、Pb、W、Bi、Ag 组合；其中：Nb、Ta、Li、Be 稀有元素组合类型，可反映碱性热液环境，其中 Nb、Ta 相关系数为 0.825；Fe、Cu、Mo、Zn 组合类型，为本区铜钼矿化有关的元素组合，可反映中、高温热液环境，其中 Cu、Fe 相关系数为 0.70，Cu、Mo 相关系数为 0.54；②Cr、Sb、As 组合，可能反映与表生作用相关的次生富集元素组合。③Au、Hg 组合元素与其它元素相关性较差，说明本区金矿化的独立性。

3.4　元素区域分布规律

区内元素区域分布规律主要表现为：Li、Be、Nb、Ta（Pb、Sn）高背景或较高背景地球化学带与 Fe、Cu、Au、Zn、Mo、W 高背景或较高背景地球化学带互为消长关系；Fe、Cu、Au、Zn、Mo、W 高背景或较高背景地球化学异常带，与敦煌岩群火山岩组（$ArPtD^a$）和敦煌岩群混合岩组（$ArPtD^b$）的分布相对应；Li、Be、Nb、Ta（Pb、Sn）高背景或较高背景地球化学异常带，与华力西期黑云母花岗岩、钾长花岗岩、片麻状黑云母花岗岩及花岗伟晶岩脉的展布一致。由此表明区内各元素地球化学区域分布与地质背景吻合较好，不同的地质环境与构造条件决定了本区元素的空间分布和组合特征。

3.5　综合异常分布特征

区内异常的展布与古元古界—新太古界地层及侵入岩关系密切，同时与 NE、NW 和近 EW 向构造相关联，呈 NEE 向条带状、带状展布（图 3）；由北西向南东方向区内元素组合为：Cu、Zn、Mo、W、Au、Ag（Hg）→Li、Be、Ta、Nb（Pb、Sn）→Cu、Fe、Au、Zn、W、Mo（Li、Be）→Nb、Ta、Be、（Fe、Zn、Mo）→Fe、Cu、Au、Zn、Mo、W（Li、Cr）的分带趋势。主要可划分为 4 个异常带：

（1）夹山—韩家台子异常带。总体呈北东向展布，由 AS03、AS04、AS05、AS06、AS07、AS08 等 6 个综合异常构成，主要分布在古元古界—新太古界敦煌岩群火山岩（$ArPtD^a$）上，NE 向断裂破碎带发育，NW 向次之。元素组合以 Au、W、Pb、Zn 为主，伴生 Cu、Sn、Mo、As、Bi、Hg 等元素异常；二叠纪崔木土花岗岩及花岗岩脉呈北东向展布；异常带范围较大，长度约 30 km，宽度约 4 km，面积约 120 km^2；综合异常多为 NE 向、近 EW 向椭圆形，单元素异常形态多为不规则状、条带状等；各元素异常套合较好，主要成矿元素 Au、W 峰值较高，Au、W、Bi 等元素浓度分带齐全，其他元素一般只有外带异常出现，多为几点组成的小面积异常。

（2）多坝沟东稀有元素异常带。以 AS09 综合异常中 Ta、Nb、Li、Be 元素组合为主。分布在多坝沟至崔木土沟一带，包括一个宽 3 km，长达 11 km 的二叠纪崔木土黑云母花岗岩及钾长花岗岩岩体（位于崔木土沟西侧）和数条花岗岩脉。异常主要分布在海子湾幅多坝沟至崔木土沟西，崔木土沟东侧见零星异常。伴生 Sn、Pb 元素，元素分布形态规整，与岩体套合明显，相互套合较好，异常面积大，但多数元素仅具外带异常。

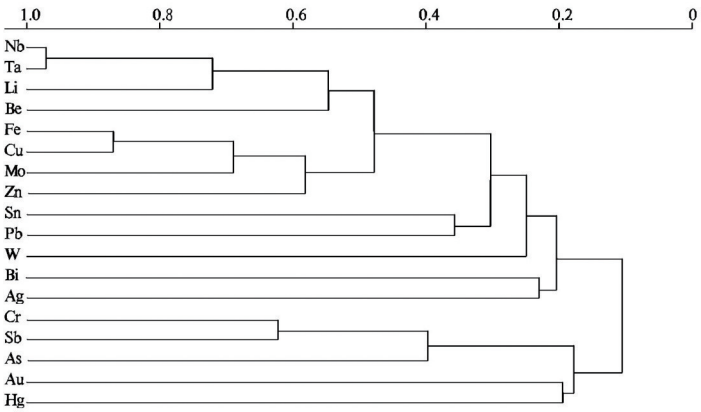

图 2　夹山地区水系沉积物成矿元素 R 型聚类分析谱系图

Fig. 2　R-type cluster analysis diagram of ore elements from stream sediment in Jiashan area

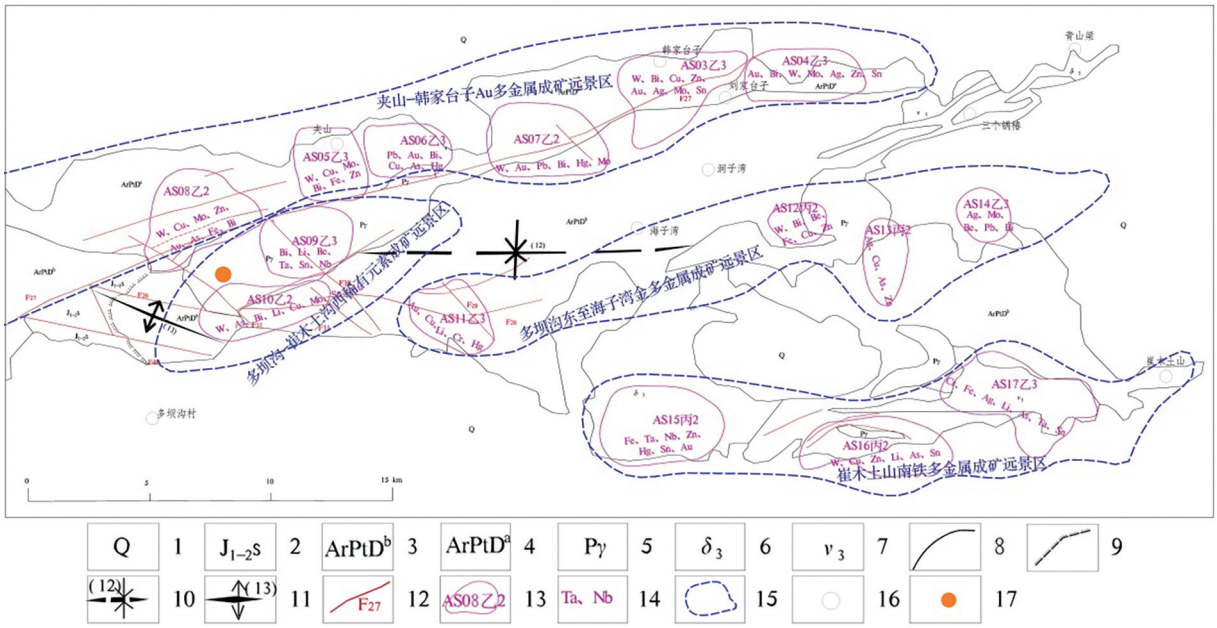

图 3 夹山地区水系沉积物综合异常及找矿远景图

Fig. 3 Map showing integrated anomalies of stream sediment and ore prospects in Jiashan area

1. 第四系松散堆积物；2. 中下侏罗统水西沟群；3. 敦煌岩群混合岩组；
4. 敦煌岩群火山岩组；5. 二叠纪花岗岩；6. 加里东期闪长岩；7. 加里东期辉长岩；
8. 地质界线；9. 不整合界线；10. 向斜轴及短轴向斜；11. 背斜轴及短轴背斜；
12. 断裂及编号；13. 综合异常及编号；14. 元素组合；
15. 找矿远景区；16. 地名；17. 铌钽矿点

(3) 多坝沟至海子湾异常带。包括 AS10、AS11、AS12、AS13、AS14 综合异常，主要分布在古元古界—新太古界敦煌岩群混合岩($ArPtD^b$)上，出露岩体为华力西期花岗岩及脉岩，近 EW 向及 NW 向断裂破碎带发育。元素组合与夹山异常带也有所区别，以 Au、Ag、Cu、W 为主，伴生 As、Bi、Li、Ta 等元素，异常形态相对规整，呈面状展布，主要成矿元素浓度分带齐全，但元素相互套合一般。

(4) 多坝沟南至崔木土山异常带。包括 AS15、AS16、AS17 综合异常，中南部由于第四系覆盖，地质体残缺破碎，出露地层以古元古界—新太古界敦煌岩群混合岩($ArPtD^b$)为主，岩浆岩为华力西期花岗岩、加里东期闪长岩、辉长辉绿岩等，花岗岩脉呈北东向、北西向及东西向展布，异常沿地层与第四系的交界处出现，多数异常元素仅发育外带，异常形态不规则，相互套合较差。

4 找矿远景区划分

根据区内元素及地球化学异常分布特征，结合夹山地区的地质构造背景、重要矿(化)点类型的形成条件及分布情况等因素，划分了 4 个找矿远景区(图 3)。

(1) 夹山—韩家台子金多金属找矿远景区

该远景区总体呈北东走向，位于八龙沟—崔木土断裂带两侧，与其断裂密切相关。该远景区主要出露古元古界—新太古界敦煌岩群火山岩组，岩性以千糜岩、千枚岩、片岩为主；该区构造以 NE 向断裂为主，偶见少量花岗岩出露；由 AS03、AS04、AS05、AS06、AS07、AS08 等 6 个综合化探异常构成，这些综合异常以 Au、W、Pb、Zn 元素组合为主，伴生 Cu、Sn、Mo、As、Bi、Hg 等元素异常；各元素异常套合较好，且主要成矿元素 Au 峰值较高，浓度分带齐全，与区域上敦煌岩群火山岩组高金含量特征一致，是寻找金多金属有利地段。

(2) 多坝沟—崔木土沟西稀有金属找矿远景区

该远景区总体呈北东走向，位于八龙沟—崔木土断裂带南侧，主体位于多坝沟东背斜核部。该远景区主要出露花岗岩体，主体相岩石由黑云母花岗岩及钾长花岗岩组成；仅在部分地段有敦煌群火

山岩组出露；区内构造以 NE 向、NW 向构造为主；主要有 AS09、AS10 两个综合异常，综合异常多位于花岗岩岩体内，以 Ta、Nb、Li、Be 元素组合为主，伴生 Sn、Pb 等元素，元素形态规整，与岩体套合明显，异常面积大。该区是寻找稀有金属矿的重要地段。

(3)多坝沟东至海子湾金、稀有金属找矿远景区

该远景区总体呈近东西走向，主体位于多坝沟-崔木土向斜东部。该远景区出露地层为敦煌岩群混合岩组，岩性主要为片麻状和条带状混合岩；区内见华力期花岗岩及脉岩，近 EW 向及 NW 向断裂破碎带发育。该远景区主要由 AS11、AS12、AS13、AS14 综合异常构成，这些综合异常元素组合以 Au、Ag、Cu、W 为主，伴生 As、Bi、Li、Ta 等元素，异常形态相对规整，呈面状展布，主要成矿元素浓度分带齐全，但元素异常分布较分散，这些地球化学异常特征显示该区为寻找金、稀有等多金属的有利地段。

(4)崔木土山南铁多金属找矿远景区

该远景区总体呈近东西走向，主体位于崔木土山幅内。远景区出露地层除第四系外，其余为少量敦煌岩群混合岩，岩体以加里东期辉长辉绿岩为主，发育少量脉岩。该远景区主要由 AS15、AS16、AS17 综合异常构造，异常元素主要为 Fe、Cu、Au、Zn、Mo、W(Li)等组成，这些元素多数只有外带，呈面状展布。总体而言，该区成矿地质条件较好，各异常元素规模中等，找矿潜力一般。

5　结语

(1)夹山地区 1∶5 万水系沉积物测量成果显示，与河西走廊区域元素背景值为参考：区内除 Bi 元素呈相对贫化外，其它元素背景与区域地层中元素丰度相当，无相对贫化、富集元素，属正常背景分布；但多数元素分布不均匀，变化系数较大，有局部富集趋势。

(2)各时代地层、岩浆岩形成环境、物质来源不同，其集散变化有明显差异。敦煌岩群火山岩地层中 Au、Cu、Pb、Zn、W、Mo、Bi 等元素具较高的平均值及变化系数，且富集特征明显，反映出该地层主要的成矿元素为 Au、Cu、Pb、Zn、W 等。敦煌岩群混合岩地层中 Cu、Zn、W、Mo、Ag、Li、Be 等元素相对富集且变化显著，反映出该地层主要的成矿元素为 Cu、Zn、W、Mo 等。因此，敦煌岩群地层是寻找贵金属及有色金属矿床的有利地段。华力西期花岗岩因岩浆热液多期次侵入，稀有、有色金属元素活化迁移，Li、Be、Nb、Ta、Bi、Pb、W、Mo 等元素相对富集且变化显著，反映出该岩体稀有元素具有富集成矿的可能。因此，本区可主要围绕金多金属、铜多金属、稀有金属等矿产开展进一步找矿工作。

(3)通过对本区分析元素原始数据进行元素 R 聚类分析，表明区内主要为 3 类元素组合：①Nb、Ta、Li、Be、Fe、Cu、Mo、Zn、Sn、Pb、W、Bi、Ag 组合；②Cr、Sb、As 组合；③Au、Hg 组合。由北西向南东方向区内元素组合在空间上具有 Cu、Zn、Mo、W、Au、Ag(Hg)→Li、Be、Ta、Nb(Pb、Sn)→Cu、Fe、Au、Zn、W、Mo(Li、Be)→Nb、Ta、Be、(Fe、Zn、Mo)→Fe、Cu、Au、Zn、Mo、W(Li、Cr)的分带趋势，并可划分为 4 个异常带：夹山—韩家台子 Au、W、Pb、Zn 异常带、多坝沟至崔木土沟 Ta、Nb、Li、Be 稀有元素异常带、多坝沟至海子湾 Au、Ag、Cu、W 异常带、多坝沟南至崔木土山 Fe 异常带。

(4)区内综合异常与敦煌岩群及华力西期侵入岩体套合较好，同时受 NEE 向构造影响明显。根据区内化探异常特征，结合夹山地区的地质背景以及重要矿(化)点类型的形成条件及分布情况等因素，进一步划分了 4 个找矿远景区。即：中部夹山—韩家台子金多金属找矿远景区，多坝沟—崔木土沟西稀有元素找矿远景区、多坝沟东至海子湾金(多)稀有金属找矿远景区、崔木土山南铁多金属找矿远景区。

致谢：感谢刘仕刚、关利进、薛琮一、宿盛等十余位同志野外的辛勤工作，同时衷心感谢天津华北地质勘查总院陈林栋高级工程师等专家对本文作者多年的指导、支持和帮助。

参考文献：

[1]　张新虎，刘建宏，赵彦庆. 甘肃省成矿区(带)研究[J]. 甘肃地质，2008(2)：1－8＋49.

[2]　曾长华，吴大江，夏文彬，等. 北山成矿带金矿成矿规律与远景[J]. 新疆地质，2002(3)：219－223.

[3]　张渊，王玉玺，王军，等. 敦煌地块南缘多坝沟地区主要地质成矿特征及找矿方向[J]. 甘肃地质，2018，27(Z1)：34－41.

[4]　周会武，李通国，张有奎，等. 甘肃省稀有金属矿产特征与成矿规律初探[J]. 矿床地质，2015，34(5)：1030－1045.

[4]　Zhou Huiwu，Li Tongguo，Zhang Youkui，et al. Prospecting of Rare Metal Mineral Characteristics and Metallogenic Laws of Gansu Province [J]. Mineral Geology，2015，34(5)：1030－1045.

[5] 袁伟恒.甘肃北山地区小西弓金矿床地质地球化学特征及成因探讨[D].北京:中国地质大学(北京),2019.
[6] 丁书宏.甘肃省小西弓金矿床深部和外围找矿潜力研究[J].地质与勘探,2009,45(3):260-266.
[7] 安国堡.小宛南山金矿地质特征及成因[J].地质与勘探,2005(3):27-32.
[8] 王玉玺,第鹏飞,陈万峰,等.塔里木板块东南缘多坝沟金矿区花岗岩类年代学、地球化学特征及找矿意义[J].西北地质,2017,50(1):134-150.
[9] 朱江.北山造山带南带构造—岩浆建造与金多金属成矿[D].武汉:中国地质大学,2013.
[10] 苏天宝.敦煌地块大水峡北晶质石墨矿床地球化学特征及成因[D].兰州:兰州大学,2022.
[11] 张新虎.甘肃省区域构造及区域成矿找矿研究[D].兰州:兰州大学,2007.
[12] 曹园园,李新虎.地球化学综合异常的圈定及找矿效果[J].物探与化探,2017,41(1):58-64.
[13] 左仁广,王健,熊义辉,等.2011～2020 年勘查地球化学数据处理研究进展[J].矿物岩石地球化学通报,2021,40(1):81-93+4.
[14] 吴正昌,王会敏,江俊杰,等.水系沉积物地球化学普查中若干问题探讨[J].物探与化探,2018,42(5):932-936.
[15] 刘建宏,张新虎,牛洪斌,等.甘肃省区域地球化学场特征[J].甘肃地质,2015,24(4):1-15.

Geochemical characteristics of stream sediment of Jiashan area at the South margin of Dunhuang block and ore-searching prospect in the area

WANG Fei, LIU Zhanpeng, LIANG Huibin, BAO Jiurong, LIU Jian, KONG Xiangdong

(*Tianjin North China Geological Exploration General Institute, Tianjin* 300170, *China*)

Abstract: Stream sediment survey at scale 1∶50000 was carried out in Jiashan area of Gansu province. Samples were collected and analyzed. Mathmatic statistics was conducted on the analysis. Geochemical characteristics is studied based on geochemical parameter, element combination, regional distribution of the elements and anomaly distribution. Major ore element anomalies are generally controlled by Palaeo-Proterozoic-Neo-Archean Dunhuang group and Hercynian magmatic-tectonic metallogenic system. Four polymetallic ore prospecting targets are located directing mainly to Au-polymetallic deposit, Cu-polymetallic deposit and rare metal deposit.

Key Words: Stream sediment; geochemical characteristics; element combination; ore-searching prospect; Jiashan area; Gansu province