

新疆祁漫塔格东段区域化探及其找矿效果

景宝盛 潘维良 单金忠 李美英

(新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局地球物理化学探矿大队, 新疆 昌吉 831100)

提要:新疆东昆仑祁漫塔格东段区域化探成果显示,在该区近地表地质体中,Na₂O、K₂O、Sn、W、Bi、Be、U、Al₂O₃、Ba、SiO₂、Pb、Th 等元素相对富集,主成矿元素为 W、Au、Bi、Sn、Nb、Pb、F 等,经异常查证先后发现了白干湖钨锡矿、蟠龙峰铁多金属矿、维宝铅锌矿等;在本区以 W、Sn 等为代表的高温元素的成矿作用与华力西期和加里东期岩浆侵入活动关系密切,印支期中酸性岩浆的侵入与区内 Cu、Pb、Zn、Mo 等中—高温元素的成矿作用具有较密切的关系,层控改造型 Pb、Zn 矿床与蓟县系狼牙山组碳酸盐岩—细碎屑岩建造有关,而 Au 元素的成矿作用则与燕山期的岩浆活动有关。

关 键 词:区域化探;参数特征;找矿效果;东昆仑;祁漫塔格;新疆

中图分类号:P622⁺.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)01-0264-21

区域化探是区域地球化学勘查(区域地球化学填图)的简称,是地球化学勘查工作中面积相对较大、比例尺相对较小的一种方法,前人就该学科领域的关键性技术方法有过大量的研究和报道^[1-7]。地球化学勘查在寻找和扩大贵金属、有色金属等矿产方面,由于其多解性少,具有直接性,其勘查效果明显优于地球物理勘查(物探),随着勘查与化学分析技术的进步,以水系沉积物测量等为代表的传统化探方法愈加成熟,解释方法也正朝着量化、综合化和模式化方法迅速发展^[8],水系沉积物测量的实质是采用表生地球化学方法认识和解决原生地球化学问题,并利用成矿元素次生分散信息发现和评价原生矿床^[9]。特别是近 10 年来,中国地球化学勘查新技术研究主要围绕着生产急需的区域化探方法技术方面展开,并取得了重大突破和进展,成功地解决了高寒干旱、半干旱山区等特殊景观区的区

域化探扫面的方法技术^{[10]①②},文中所涉及的祁漫塔格地区便是近 10 余年来(自 2001 年起),利用上述技术开展区域化探扫面工作而取得地质找矿重大突破的地区之一,维宝铅锌矿便是利用区域化探方法直接找矿的典型代表^[11-13],通过多尺度化探工作的实施,除维宝铅锌矿外,还发现了蟠龙峰铁多金属矿、维东铅锌矿、阿达滩铜矿点等矿床(点)。

1 地质背景概述

新疆东昆仑祁漫塔格一带位于塔里木板块南缘,祁漫塔格早古生代岛弧带内,地层划分属于昆仑山—祁漫塔格分区,伊阡巴达隐伏断裂和白干湖断裂(组)构成了区内的主要构造格架,在成矿带的划分上,分属秦祁昆成矿域之昆仑成矿省之东昆仑 Fe-Pb-Zn-Cu-Co-Au-W-Sn-V-Ti-盐类之祁漫塔格 W-Sn-Pb-Zn-Fe-V-Ti-Cu 矿带^[14]。

收稿日期:2013-03-22;改回日期:2013-10-28

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(200214200007、200314200003、1212010911052)联合资助。

作者简介:景宝盛,男,1969 年生,高级工程师,长期从事化探、地质矿产评价工作;E-mail:422260800@qq.com。

①张华.我国青藏高原西北部干旱荒漠景观区域化探方法技术研究[R].中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所内部研究报告,2002。

②张华,孙忠军,杨少平,等.青藏高原地球化学勘查技术及资源潜力评价方法研究成果报告[R].中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所内部研究报告,2005。

区内地层主要有元古宇变质碳酸盐岩—碎屑岩建造,主要包括古元古界金水口(岩)群(Pt)、中元古界长城系小庙岩组(Chx)和蓟县系狼牙山组(Jxl)、新元古界丘吉东沟组(Qbq)等;早古生代火山岩建造和复理石建造,并出现有蛇绿岩,主要包括滩间山群(T)和祁漫塔格群(OQ)等;志留纪发育有复理石建造(白干湖组S_{1b});泥盆纪为磨拉石建造和中酸性火山岩,有石炭纪蛇绿岩出露(打柴沟组和大干沟组P-C);三叠系为陆相中酸性火山岩建造(鄂拉山组和喀拉苏组T₃)。

侵入岩较发育,有多期花岗岩类出露,主要有燕山期(γ_5^{2-3})中酸性侵入岩、印支期(γ_5^1)基性—中酸性的浅成侵入岩和喷出岩、华力西期(γ_4)中酸性侵入岩、加里东晚期—华力西早期(γ_3^2 — γ_4^1)侵入岩和加里东中晚期(γ_3^{2-3})中酸性侵入岩等(图1)。

2 多尺度地球化学填图

新疆东昆仑祁漫塔格一带地球化学景观总体属于干旱、半干旱高寒山区,在开展地球化学填图工作过程中包括化探扫面和异常查证两个阶段:化探扫面阶段主要包括化探样品采集、样品分析测试及地球化学图的编制和综合研究等工作,其目的是了解区域化探元素含量在该区的分布情况及各地质体中各元素的贫化和富集程度,并初步确立区内的主成矿元素(伴生元素)及其成矿有利地段,为后继的异常查证工作提供异常靶区,工作比例尺为1:20万和1:5万;异常查证阶段主要是针对1:20万区域化探或1:5万化探普查工作所取得的异常成果进行,基于套合的地球化学谱系理论发现各类矿致化探异常^[15-18],为地质找矿和异常解释服务,工作手段主要包括1:1万~1:2.5万岩屑(土壤)地球化学测量、地质填图、地化剖面测量、地表槽探工程揭露及稀疏钻探深部控制等,对取得的找矿成果(异常)进行控制(解释)。

2.1 样品采集与测试

2.1.1 1:20万区域化探

①样品采集

在本区开展1:20万区域化探工作时所确定的采样介质为水系沉积物,基本采样密度为1~2点/4~8 km²,采样点一般布置在长度超过1~2 km的一级水系口处,少量布设在在二级水系中和三级水系的

中上游区段,长度超过5 km的一级水系则至少有2个以上的样品对该水系进行全面控制,对于羽状水系分布区,一般只在长度超过2~5 km的水系沟口采样,羽状水系密集时,则在2~3个水系沟口分别取样,然后组合成1个样品;采样粒级-10~+80目;采样部位选择在沟谷各种粒径混杂的地段,所采集样品为横切河道的多点组合样,每一采样点采样时均下挖20~30 cm,以确保采样介质为砂砾混合物质,增强了样品的代表性。

②样品测试

样品采集完毕后,需对经加工后的分析样进行分析测试,测试元素为Au、Ag、Cu等32种元素和CaO、Fe₂O₃等7种氧化物,测试元素、测试方法及检出限要求参见表1。

2.1.2 1:5万化探

①样品采集

1:5万水系沉积物测量布设在1:20万区域化探异常分布区,主要在维宝一带开展,采样密度3~5点/km²,水系沉积物样品在有利于冲洪积物堆积的现代洪流通道上(或干沟底部)采集,采样点主要布置于地形图上可以辨认出来的最小水系上(>300 m),即一级水系末端和分支水系沟口上,对长度大于500 m的水系,进行溯源追加采样点;当一级水系不能有效控制采样区块的面积时,则样点布在小支沟交汇形成的较高级别水系中;采样部位选择在上述水系的河床底部、水流变缓处或活动性流水线上,采样介质为代表汇水域基岩成分的岩屑物质,并选择在粗细混杂和砾石成份复杂地段进行采样,在采样过程中同时注意风成沙、有机质及粘土胶结物(假粒级)的干扰,为了增强样品代表性,在采样点的30~50 m范围内或横切河床进行多点采集组合,采样介质、粒级及加工方法等与1:20万区域化探相同。为了能够及时发现与异常有关的矿化信息,在野外采样的同时,开展路线地质找矿,以期实现地质找矿新突破。

②样品加工和测试

本次1:5万化探普查工作对所采集样品进行单点分析,测试元素为Au、Ag、As、Sb、Bi、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Cr、Ni、Co等14种元素,其测试方法及检出限要求参见表2。

从表1和表2中可以看出,各元素的实际检出

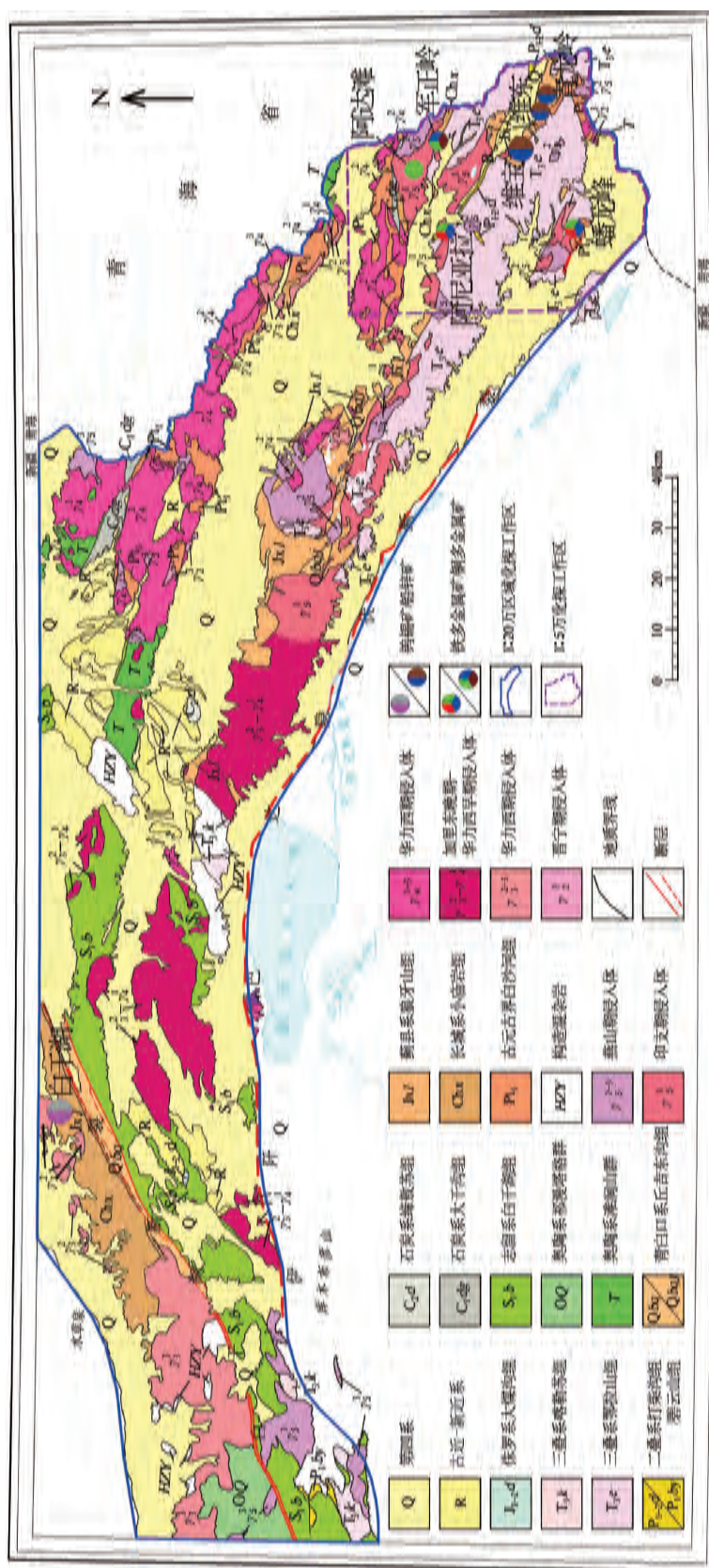


图1 新疆东昆仑祁漫塔格东段地质简图

Fig.1 Regional geological sketch map of eastern Qimantag in East Kunlun of Xinjiang

表1 新疆东昆仑祁漫塔格东段1:20万区域化探样品测试元素、方法及检出限
Table 1 Testing methods and detection limits of geochemical samples from 1:200 000 geochemical survey in eastern Qimantag of Xinjiang

序号	元素	分析方法	检出限		序号	元素	分析方法	检出限		序号	元素	分析方法	检出限	
			规范要求	实际				规范要求	实际				规范要求	实际
1	Al ₂ O ₃	XRF	0.05	0.001	14	Ba	XRF	50	2.8	27	As	AFS	1	0.61
2	CaO	XRF	0.05	0.01	15	Be	ICP-MS	0.5	0.032	28	Sb	AFS	0.1	0.041
3	Fe ₂ O ₃	XRF	0.05	0.0002	16	Co	ICP-OES	1	0.27	29	Bi	AFS	0.1	0.044
4	SiO ₂	XRF	0.1	0.09	17	Cu	ICP-OES	1	0.92	30	Hg	AFS	0.005	0.003
5	Cr	XRF	15	0.2	18	K ₂ O	XRF	0.05	0.01	31	B	Es	5	0.80
6	Mn	XRF	30	5.7	19	La	ICP-OES	30	0.77	32	Sn	Es	1	0.24
7	Nb	XRF	5	0.7	20	Li	ICP-OES	5	0.74	33	Ag	Es	0.02	0.017
8	Pb	ICP-MS	2	0.055	21	MgO	ICP-OES	0.05	0.01	34	W	ICP-MS	0.5	0.07
9	Sr	XRF	5	2.2	22	Na ₂ O	ICP-OES	0.05	0.01	35	Mo	ICP-MS	0.4	0.05
10	Th	ICP-MS	4	0.59	23	Ni	ICP-OES	2	0.60	36	F	ISE	100	36
11	Ti	XRF	100	3.2	24	P	XRF	100	7	37	Cd	ICP-MS	0.05	0.018
12	Y	XRF	5	0.6	25	V	ICP-OES	20	1	38	U	ICP-MS	0.5	0.07
13	Zr	XRF	10	0.6	26	Zn	ICP-OES	10	0.45	39	Au	Ch-Es	0.0003	0.0002

注:含量单位:氧化物为10⁻²,Au、Ag、Hg为10⁻⁹,其他元素为10⁻⁶。

限远高于规范要求,这是现代社会发展给测试技术和测试手段所带来的进步,也为化探工作基础数据的准确性和可靠性提供了保障。

2.2 结果与讨论

2.2.1 区域化探参数特征

根据1:20万区域化探扫面原始测试数据进行有关参数的统计和分析,各元素的最大值、最小值和算术平均值见表3,各主要地质单元的平均值见表4,为了便于统计将昆仑-阿尔金区域背景值^[19]和上陆壳克拉克值(Taylor and McLeannan, 1985)^[20]分列于表3中,以计算所得的算术平均值作为全区或主要地质单元的背景值,并以此计算全区和各地质单元的相对丰度、富集系数、变化系数(含氧化物)和致矿系数(不含氧化物)。

①相对丰度

相对丰度是化学元素在地壳不同局部地段的

平均含量与地壳丰度之比^[21],以上陆壳克拉克值为参考对象,新疆祁漫塔格东段39种元素相对丰度参见表5,用来考量本区各元素含量相对上陆壳的富集程度。统计数据显示本区地表地质体明显富集As、Bi、Sb、B等四种元素,相对丰度在4.34~1.49;Ag、Pb、CaO、Ba、Cd、Li、F、SiO₂等8种元素相对富集,富集系数在1.16~1.00;含量相当的元素是W、K₂O、La、Th、Y,富集系数在0.97~0.90;其余元素相对贫化,贫化最严重的是Au、Nb、P、Hg,四元素的相对丰度小于0.5,为0.49~0.09。

②富集系数

从地球化学观点来看,区域成矿的实质就是区域岩石圈内成矿物质通过各种地质-地球化学作用,由分散状态逐步在局部地段浓集的过程,控制这一过程的因素之一就是成矿元素的初始浓度^[22]。用昆仑-阿尔金地区水系沉积物测量的平均值(表

表2 新疆东昆仑维宝一带1:5万化探样品测试方法及检出限
Table 2 Testing methods and detection limits of geochemical samples from 1:50 000 geochemical survey in Weibao area of Xinjiang

序号	元素	分析方法	检出限/10 ⁻⁶		序号	元素	分析方法	检出限/10 ⁻⁶	
			规范要求	实际				规范要求	实际
1	Ag	ES	0.00003	0.00002	8	Mo	Pol	0.5	0.24
2	As	AFS	0.5~1	0.03	9	Ni	ICP	3	1.14
3	Au	Ch-Es	0.0000003	0.0000002	10	Pb	ES	5	2
4	Bi	AFS	0.1	0.02	11	Sb	AFS	0.2	0.01
5	Co	ICP	1	0.46	12	Sn	ES	1	0.6
6	Cr	ICP	15	3.15	13	W	Pol	0.5	0.2
7	Cu	ICP	1.5	1	14	Zn	ICP	15	2.24

表3 新疆东昆仑祁漫塔格东段39种元素含量特征值统计

Table 3 Eigenvalue tables of values of 39 elements from eastern Qimantag of Xinjiang

元素	Ag	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	F	Hg
最大值	1673	149	120	400	2420	17	25.13	2.18	36.80	629	192.50	15740	160
最小值	7	0.40	0.10	1.50	70	0.50	0.03	0.01	0.86	1.80	0.50	119	2
平均值	58.24	6.51	0.89	22.30	609	2.51	0.40	0.11	7.06	29.88	13.27	474.04	7.12
富集系数	0.92	0.55	0.74	0.59	1.11	1.14	1.24	0.79	0.68	0.60	0.63	0.99	0.22
昆仑-阿尔金	63	11.90	1.20	38	548	2.20	0.32	0.14	10.40	50	21	477	33
上陆壳克拉克值	50	1.50	1.80	15	550	3	0.13	98	10	35	25	470	80
元素	La	Li	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	Sn	Sr	Th	Ti
最大值	247.20	104	2711.56	17.30	58.80	190	1856	800	10.40	140	1344	65.30	27208.56
最小值	0.10	5.20	94.09	0.11	3.70	0.80	38	2.40	0.04	0.50	10	1	414.02
平均值	27.32	20.90	427.48	0.77	10.96	13.66	427.54	22.80	0.38	2.95	194.79	9.65	2022.49
富集系数	0.91	0.72	0.64	0.70	0.96	0.57	0.79	1.09	0.43	1.34	0.74	1.03	0.78
昆仑-阿尔金	30	29	672	1.10	11.40	24	544	21	0.90	2.20	264	9.40	2608
上陆壳克拉克值	30	20	600	1.50	25	20	1200	20	0.20	5.50	350	10.70	3000
元素	U	V	W	Y	Zn	Zr	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂
最大值	15.50	178.79	260	130.73	610.30	887	16.67	36.60	13.75	5.71	16.37	4.75	79.62
最小值	0.49	3.70	0.06	1	10	2	2.42	0.96	0.10	0.19	0.06	0.10	9.67
平均值	2.35	42.59	1.94	19.81	47.52	129.26	12.18	4.70	2.58	3.14	1.67	2.68	66.27
富集系数	1.12	0.71	1.29	0.99	0.77	0.92	1.12	0.55	0.64	1.37	0.76	1.41	1.10
昆仑-阿尔金	2.10	60	1.50	20	62	140	10.90	8.50	4	2.30	2.20	1.90	60
上陆壳克拉克值	2.80	60	2	22	71	190	15.20	4.20	4.50	3.40	2.20	3.90	66

注: Au、Ag、Hg 为 10^{-9} , 氧化物为 10^{-2} , 其他元素为 10^{-6} ; 富集系数=平均值/昆仑-阿尔金。

3) 作为初始浓度, 全区各元素富集系数见表3, 各地质单元相应元素的富集系数见表6。

对于新疆祁漫塔格东段39种元素与昆仑-阿尔金相比而言(表3), Na_2O 、 K_2O 、 Sn 、 W 、 Bi 、 Be 、 U 、 Al_2O_3 、 Ba 、 SiO_2 、 Pb 、 Th 等元素明显高于区域背景平均值, 高出幅度在41%~3%, Na_2O 、 K_2O 、 Al_2O_3 、 Ba 、 SiO_2 等为造岩元素, 以 Na_2O 的高出幅度最大; 主要成矿元素 Sn 、 W 、 Bi 、 Be 、 U 、 Pb 、 Th 以 Sn 高出幅度最大, 为34%, 其次为 W , 达29%。 F 、 Y 、 Nb 、 Ag 、 Zr 、 La 等6种元素与昆仑-阿尔金地区的区域背景基本接近, 为背景水平的99%~91%。 Cd 、 P 、 Ti 、 Zn 、 MgO 、 Au 、 Sr 、 Li 、 V 、 Mo 等元素为平均水平的79%~70%。 Co 、 Fe_2O_3 、 Mn 、 Cu 、 Cr 为区域背景平均水平的68%~60%。 B 、 Ni 、 CaO 、 As 为区域背景平均水平的59%~55%。 Sb 为区域背景平均水平的43%, Hg 为区域背景平均水平的22%。

对于主成矿元素 Sn 、 W 、 Bi 、 Be 、 U 、 Pb 、 Th 而言(表6), Sn 元素在印支期(γ_5^1)侵入体和金水口(岩)群(Pt)中高出昆仑-阿尔金区域背景值幅度最大, 分别为191%和104%, 在燕山期(γ_5^{2-3})、华力西期(γ_4)、加里东中晚期(γ_3)的侵入体和长城系小庙岩组(Chx)、蓟县系狼牙山组(Jxl)、丘吉东沟组

(Qbq)、祁漫塔格群(OQ)、志留系白干湖组(S_1b)等地层中均高出区域背景值, 高出幅度为43%~5%; W 元素在长城系小庙岩组(Chx)中高出昆仑-阿尔金背景水平幅度最大, 达到269%, 在燕山—印支期(γ_5)、华力西期(γ_4)及加里东中晚期(γ_3^{2-3})侵入体和金水口(岩)群(Pt)、蓟县系狼牙山组(Jxl)、志留系白干湖组(S_1b)和丘吉东沟组(Qbq)等地层中亦明显高于区域背景水平, 高出幅度为97%~13%, 在加里东晚期—华力西早期(γ_3^2 — γ_4^1)侵入岩和祁漫塔格群(OQ)以及石炭—二叠(P-C)地层中低于区域背景水平, 分别为背景水平的93%、96%和63%; Pb 元素在燕山—印支期(γ)、加里东期(γ_3)和华力西早期(γ_4^1)侵入岩及金水口(岩)群(Pt)、蓟县系狼牙山组(Jxl)及志留系白干湖组(S_1b)地层中高于区域背景值的平均水平, 高出幅度在97%~2%, 在华力西期(γ_4)侵入岩和长城系小庙岩组(Chx)、丘吉东沟组(Qbq)、祁漫塔格群(OQ)和石炭—二叠系(C-P)中基本与区域背景值水平相当。

③变化系数

变化系数是各元素离散程度的一种体现, 由各元素测试数据的标准差和算术平均值共同确定, 参加统计的数据未经高值剔除求得, 反映了元素在成

表4 新疆东昆仑祁漫塔格东段主要地质单元39种元素背景值
Table 4 Background value of 39 elements of the main geological units in eastern Qimantag of Xinjiang

元素	T ₃	P-C	S _{1b}	OQ	Qbq	Jxl	Chx	Pt	γ_5^{2-3}	γ_5^1	γ_4	$\gamma_3^3-\gamma_4^1$	γ_3^{2-3}
Sn	3.47	2.19	2.74	2.94	2.65	3.02	3.06	4.50	2.97	6.40	2.31	3.15	2.69
W	2.32	0.94	2.22	1.43	1.91	2.29	5.54	2.51	1.97	2.30	2.96	1.39	1.69
Bi	0.51	0.23	0.33	0.31	0.40	0.35	0.36	0.99	0.58	1.02	0.29	0.31	0.49
Be	2.48	2.23	2.34	2.33	2.14	2.19	2.97	2.33	3.26	2.67	2.33	2.54	3.73
U	3.70	2.23	2.10	2.30	1.91	2.65	1.93	2.43	3.23	3.16	2.09	2.02	1.89
Ba	679.82	665.38	618.23	551.09	606.40	636.86	631.87	566.38	448.03	578.12	589.99	540.99	629.02
Pb	26.18	19.42	21.37	19.15	19.46	21.39	19.79	28.99	22.14	41.45	19.68	21.79	30.45
Th	13.81	10.07	9.96	9.01	8.83	9.48	7.13	10.10	12.87	11.62	8.41	10.63	8.16
F	629.09	437.39	534.77	544.47	503.22	595.44	430.58	705.36	897.55	694.86	387.01	485.26	376.96
Y	22.88	17.69	21.42	21.85	20.21	20.90	21.69	20.40	28.43	20.65	17.78	21.06	17.49
Nb	13.81	9.83	11.26	11.25	11.98	12.06	11.05	10.67	14.52	12.07	9.77	11.42	10.78
Ag	74.97	48.22	43.77	50.82	53.80	89.57	58.94	77.51	55.77	88.63	54.94	40.96	53.81
Zr	175.09	109.29	146.85	149.41	139.81	114.04	134.49	107.31	129.64	126.76	99.09	157.16	123.84
La	33.01	34.10	30.55	28.33	30.29	26.22	27.64	30.37	35.64	29.28	25.92	29.06	25.88
Cd	0.17	0.09	0.09	0.10	0.10	0.20	0.08	0.17	0.09	0.18	0.08	0.10	0.06
P	407	418	553	600	498	522	358	438	289	372	397	481	475
Ti	1981	1982	2850	3152	3069	2124	2474	2036	1498	1746	2014	1956	2152
Zn	68.29	42.98	58.68	59.03	55.38	56.95	38.83	52.97	50.69	73.13	40.49	42.64	36.20
Au	0.70	0.78	1.62	1.92	1.22	0.76	0.74	0.77	1.91	0.60	0.63	0.76	0.54
Sr	153.05	266.84	180.51	199.43	171.60	167.77	186.75	326.69	122.53	139.18	271.75	173.35	208.27
Li	19.25	17.88	27.27	25.27	27.15	22.28	22.30	22.28	25.29	20.92	18.18	18.25	31.17
V	30.70	38.29	72.49	87.89	65.66	50.51	51.05	41.23	28.36	28.37	38.46	37.58	39.09
Mo	1.41	0.63	0.58	0.82	0.76	1.09	0.67	0.94	0.95	0.89	0.63	0.58	0.47
Co	5.33	6.98	11.91	13.98	11.96	7.90	8.70	6.82	5.45	5.41	6.50	5.44	7.15
Mn	559.47	352.67	519.04	571.32	584.65	486.49	415.65	444.82	358.64	435.34	399.72	371.22	408.54
Cu	10.14	10.81	23.26	28.89	20.58	14.27	15.61	13.40	10.06	13.01	9.77	10.65	10.99
Cr	18.60	28.56	68.38	65.30	52.51	31.22	31.61	27.44	19.39	15.48	23.29	20.99	24.37
B	14.68	15.50	35.03	32.21	41.19	24.68	47.16	27.48	13.57	12.79	17.97	14.62	33.16
Ni	8.41	14.87	32.97	28.86	24.39	16.11	12.92	10.99	9.38	7.69	10.20	9.71	11.52
As	11.44	5.78	7.22	7.98	10.89	10.71	9.51	10.98	5.15	10.74	3.30	3.24	3.64
Sb	0.52	0.32	0.56	0.66	0.45	0.64	0.26	0.40	0.29	0.36	0.18	0.30	0.15
Hg	8.57	7.13	7.01	7.59	7.10	7.14	6.91	8.18	7.49	7.51	6.45	5.51	7.21
Na ₂ O	2.82	2.77	2.21	2.52	2.03	1.67	2.27	2.36	2.91	2.75	2.98	3.33	2.83
K ₂ O	3.69	2.96	2.84	2.70	2.63	2.75	3.00	2.94	3.97	3.72	2.71	3.27	3.56
Al ₂ O ₃	13.13	12.97	12.12	12.82	10.80	10.25	11.28	12.20	12.57	12.68	13.50	12.75	12.34
SiO ₂	68.68	65.82	64.96	62.31	64.01	53.22	66.58	60.36	68.85	68.88	66.16	68.57	66.92
MgO	1.22	1.48	2.18	2.48	2.61	4.12	1.64	1.88	1.15	1.54	1.64	1.13	1.14
Fe ₂ O ₃	2.56	2.30	4.19	4.67	4.09	2.69	2.93	2.58	1.95	2.17	2.36	2.43	2.25
CaO	3.64	5.01	3.66	4.51	5.27	12.05	3.78	8.44	3.26	4.03	4.95	3.31	3.36

注: Au、Ag、Hg 为 10⁻⁹, 氧化物为 10⁻², 其他元素为 10⁻⁶。

表5 新疆东昆仑祁漫塔格东段39种元素相对丰度
Table 5 Relative abundances of 39 elements from eastern Qimantag of Xinjiang

元素	As	Bi	Sb	B	Ag	Pb	CaO	Ba	Cd	Li	F	SiO ₂	W
相对丰度	4.34	3.06	1.92	1.49	1.16	1.14	1.12	1.11	1.09	1.04	1.01	1.00	0.97
元素	K ₂ O	La	Th	Y	Cr	U	Be	Al ₂ O ₃	MgO	Mn	V	Co	Na ₂ O
相对丰度	0.92	0.91	0.90	0.90	0.85	0.84	0.84	0.80	0.76	0.71	0.71	0.71	0.69
元素	Ni	Zr	Ti	Zn	Fe ₂ O ₃	Sr	Sn	Cu	Mo	Au	Nb	P	Hg
相对丰度	0.68	0.68	0.67	0.67	0.57	0.56	0.54	0.53	0.51	0.49	0.44	0.36	0.09

表6 新疆东昆仑祁漫塔格东段主要地质单元中主成矿元素的富集系数
Table 6 Enrichment coefficients of the main ore-forming elements in the main geological units in eastern Qimantag of Xinjiang

元素	P-C	S _{1b}	OQ	Qbq	Jxl	Chx	Pt	γ_5^{2-3}	γ_5^1	γ_4	$\gamma_3^3-\gamma_4^1$	γ_3^{2-3}	全区
Sn	0.99	1.25	1.34	1.20	1.37	1.39	2.04	1.35	2.91	1.05	1.43	1.22	1.34
W	0.63	1.48	0.96	1.28	1.53	3.69	1.67	1.31	1.54	1.97	0.93	1.13	1.29
Bi	0.73	1.04	0.97	1.25	1.08	1.13	3.10	1.81	3.18	0.89	0.98	1.53	1.24
Be	1.01	1.06	1.06	0.97	0.99	1.35	1.06	1.48	1.22	1.06	1.16	1.70	1.14
U	1.06	1.00	1.09	0.91	1.26	0.92	1.16	1.54	1.51	1.00	0.96	0.90	1.12
Pb	0.92	1.02	0.91	0.93	1.02	0.94	1.38	1.05	1.97	0.94	1.04	1.45	1.09
Th	1.07	1.06	0.96	0.94	1.01	0.76	1.07	1.37	1.24	0.89	1.13	0.87	1.03

岩、成矿及其他内外生作用中多因素引起含量区域变异性的总和。就新疆祁漫塔格东段而言(表7),极不均匀强分异型的元素($C_v > 0.75$)有W、Au、Bi、Sn、Pb、As、Sb、Cr、Cd、F、Ni、Ag、B、Mo、Cu;不均匀分异型的元素($0.5 < C_v < 0.75$)为Hg、V、Zn、Sr、Co、Ti;较均匀弱分异型的元素($0.25 < C_v < 0.5$)有U、Th、La、Mn、Li、P、Zr、Nb、Y、Be、Ba;没有均匀未分异型的元素($C_v < 0.25$)。就各地质单元而言,如果以全区变化系数为临界值,将全区极不均匀强分异型的成矿元素按在各地质单元中变化系数的大小进行排序,并列于表8中,从而就得到了各地质单元的成矿元素变化系数序列。

④致矿系数

致矿系数 $Z_x = (10V_1 + 10V_2 + r_1 + 100n/N) \times C + 10/\lg L^{[23]}$, 是由各元素样品测试值的总变化系数(V_1)、原始变化系数(V_2) (迭代剔除样品测试值中极高值后的变化系数)、样本总数(N)、剔除样品数(n)、总偏度(r_1)、浓集系数(C)及最低浓集系数(L)等参数综合确定的,其地球化学意义可以理解为:在本次所涉及新疆祁漫塔格东段研究区范围内,在区域成矿作用过程中, Z_x 是多元素地球化学活动性导致矿床形成能力的定量化体现,对于一个存在相当规模成矿作用的区域,必然在区域成矿序列上有所体现,这种体现将会帮助我们解决在区域化探中如何

确定可能成矿(指示)元素及其成矿有利地段的问题。通过计算将本区各地质单元的致矿系数(不含氧化物)列于表9,新疆祁漫塔格东段各元素致矿序列见图2。

从表9和图2中可以看出,该区位于致矿序列前端($Z_x \geq 40$)的元素主要有:W、Au、Bi、Sn、Nb、Pb、F,以W元素为最大,达99.43。其中:W在各地质单元中 $Z_x \geq 40$ 的有(由大到小)Chx、 γ_4 、S_{1b}、HZY、 γ_3^{2-3} 、Pt、Jxl、 γ_5^1 ,以在长城系小庙岩组中最大,达286.60;Au在各地质单元中 $Z_x \geq 40$ 的有(由大到小) γ_3^{2-3} 、OQ、S_{1b},分别为138.25、54.75、43.34;Pb在各地质单元中 $Z_x \geq 40$ 的有(由大到小) γ_5^1 、 γ_3^{2-3} 、T、Pt,分别为81.55、56.40、51.36、39.83;Sn在各地质单元中 $Z_x \geq 40$ 的有(由大到小) γ_5^1 、Pt、Chx,分别为147.5、82.26、55.79;Ag在各地质单元中 $Z_x \geq 40$ 的有(由大到小)Jxl、 γ_5^1 ,分别是53.39、49.44。

2.2.2 主成矿元素异常特征

区域化探异常显示本区以W、Sn、Pb、Zn、Au、Ag、Cu、Mo等主成矿元素的组合异常分布区,在该带中各元素的组合异常分布具有明显的分带分布的特点(图3~5)。在维宝一带主要是Pb、Zn、Cu、Cd、Ag等元素的富集区,该区Pb、Zn、Cu、Ag组合异常发育,Cu、Pb、Zn、Cd等元素地球化学异常均具有三个浓度分带,具有多个明显的浓集中心,具有规

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
W	Au	Bi	Sn	Nb	Pb	F	Ag	Cd	Mo	La	Ni	Cr	U	Ti	As
99.43	67.11	63.74	59.38	52.00	44.05	41.66	36.81	26.97	23.64	23.11	22.27	21.73	21.45	21.39	21.25
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Zn	Co	Y	Cu	V	Th	Sr	Sb	Be	B	P	Zr	Ba	Mn	Li	Hg
20.33	19.59	19.57	19.40	19.07	18.08	17.05	16.99	16.97	16.50	14.55	14.27	13.67	13.04	13.01	8.72

图2 新疆祁漫塔格东段区域化探元素致矿序列

Fig.2 Ore-forming sequence of regional geochemical elements from eastern Qimantag of Xinjiang

表7 新疆东昆仑祁漫塔格东段主要地质单元中39种元素的变化系数(Cv)

Table 7 Variation coefficients (Cv) of 39 elements in the main geological units of eastern Qimantag, Xinjiang

地质单元	E-Q	T ₃	P-C	S _{1b}	T	OQ	Qbq	JxI	Chx	Pt	HZY	γ_5^{2-3}	γ_5^1	γ_4	$\gamma_3^3-\gamma_4^1$	γ_3^{2-3}	全区
W	1.34	0.34	0.71	2.37	0.57	0.56	1.09	1.53	4.85	1.50	2.15	0.66	1.04	5.48	1.38	2.91	3.49
Au	0.99	0.96	0.90	1.19	0.45	1.08	1.22	0.76	0.65	0.91	1.05	5.93	0.60	0.86	0.65	0.61	2.62
Bi	1.06	0.74	0.83	0.47	0.81	0.50	0.82	0.71	0.48	2.39	0.71	2.02	2.73	0.96	1.03	0.47	1.78
As	1.15	1.02	1.74	0.69	0.88	0.81	0.70	1.40	1.22	1.44	1.16	1.40	1.94	1.32	1.56	1.90	1.35
Sn	1.04	0.75	0.37	1.10	0.31	1.01	0.40	0.64	1.39	1.59	0.57	0.73	2.44	0.43	0.55	0.44	1.31
Pb	1.16	0.61	0.50	0.33	1.95	0.29	0.22	0.58	0.94	1.03	0.28	0.48	2.06	0.64	0.28	2.16	1.25
Sb	1.00	0.58	1.02	0.67	0.93	0.89	0.49	0.92	0.53	1.01	0.86	0.67	0.97	0.88	2.60	0.58	1.08
Cr	0.90	1.78	0.88	0.51	0.61	0.48	0.54	0.60	0.54	0.56	1.17	0.94	0.69	0.64	0.84	0.76	0.99
Cd	0.83	0.69	0.72	0.49	0.57	0.28	0.38	0.77	0.96	1.07	0.38	0.70	1.69	0.69	0.69	0.33	0.96
F	0.38	0.50	0.27	0.29	0.29	0.36	0.26	0.45	0.37	2.09	0.35	1.00	2.31	0.30	0.30	0.31	0.91
Ni	0.79	1.07	1.00	0.53	0.62	0.50	0.53	0.62	0.56	0.53	0.94	0.83	0.72	0.53	0.84	0.70	0.89
Ag	0.79	0.37	0.42	0.37	0.36	0.37	0.29	1.76	0.54	0.90	0.47	0.36	1.26	0.34	0.55	0.25	0.88
CaO	0.83	0.70	0.33	0.35	0.43	0.62	0.59	0.77	0.59	0.72	0.68	0.51	1.08	0.60	0.66	0.92	0.88
MgO	0.84	0.94	0.43	0.43	0.33	0.33	0.50	0.86	0.56	0.58	0.58	0.50	1.27	0.74	0.69	0.69	0.87
B	0.68	0.49	0.79	0.35	0.74	0.43	1.32	0.85	0.81	0.83	0.62	0.76	0.66	0.94	0.79	0.76	0.84
Mo	0.89	0.54	0.55	0.54	0.69	0.54	0.36	0.76	0.48	0.66	0.54	0.98	0.65	0.45	0.61	0.35	0.82
Cu	0.64	0.65	0.74	0.38	0.60	0.49	0.43	0.74	0.50	0.55	0.65	0.87	1.86	0.59	0.44	0.46	0.75
Hg	0.45	1.42	0.38	0.38	0.32	0.61	0.42	0.49	0.23	0.51	0.55	1.08	0.61	0.35	0.45	0.21	0.65
V	0.58	0.56	0.67	0.38	0.29	0.36	0.46	0.64	0.48	0.36	0.46	0.77	0.63	0.44	0.53	0.54	0.62
Zn	0.45	0.38	0.43	0.34	0.35	0.34	0.24	0.41	0.59	0.56	0.33	0.66	1.30	0.35	0.39	0.33	0.58
Sr	0.58	0.30	0.32	0.23	0.26	0.41	0.23	0.47	0.73	0.80	0.30	0.68	0.34	0.42	0.30	0.72	0.57
Co	0.50	0.50	0.54	0.39	0.30	0.40	0.39	0.44	0.45	0.37	0.40	0.57	0.48	0.34	0.59	0.46	0.56
Fe ₂ O ₃	0.51	0.38	0.63	0.37	0.34	0.29	0.42	0.60	0.52	0.36	0.35	0.58	0.50	0.43	0.45	0.58	0.54
Ti	0.42	0.32	0.38	0.35	0.27	0.28	0.45	0.49	0.45	0.35	0.36	0.51	0.40	0.38	0.47	1.10	0.51
U	0.46	0.34	0.37	0.25	0.21	0.28	0.34	0.40	0.25	0.43	0.42	0.50	0.50	0.41	0.32	0.23	0.47
Th	0.47	0.26	0.30	0.23	0.18	0.31	0.25	0.36	0.25	0.51	0.51	0.67	0.33	0.40	0.33	0.26	0.45
La	0.37	0.28	0.30	0.30	0.26	0.35	0.26	0.44	0.31	0.46	0.49	0.96	0.34	0.35	0.36	0.35	0.43
Mn	0.41	0.30	0.37	0.30	0.29	0.23	0.27	0.49	0.68	0.29	0.29	0.45	0.47	0.49	0.36	0.43	0.43
Li	0.38	0.29	0.44	0.38	0.35	0.60	0.45	0.30	0.34	0.31	0.51	0.44	0.44	0.39	0.33	0.34	0.42
P	0.35	0.33	0.31	0.25	0.45	0.21	0.27	0.55	0.30	0.32	0.28	0.57	0.45	0.33	0.40	0.36	0.38
Zr	0.39	0.29	0.29	0.20	0.32	0.25	0.22	0.46	0.25	0.27	0.39	0.47	0.36	0.30	0.33	0.39	0.38
Nb	0.35	0.34	0.22	0.22	0.23	0.22	0.33	0.35	0.50	0.25	0.57	0.36	0.33	0.26	0.37	0.44	0.37
Y	0.34	0.29	0.35	0.20	0.15	0.22	0.21	0.32	0.28	0.42	0.29	0.55	0.32	0.40	0.27	0.26	0.36
Be	0.34	0.19	0.14	0.28	0.16	0.36	0.30	0.40	0.21	0.23	0.46	0.33	0.27	0.22	0.29	0.24	0.33
Ba	0.26	0.29	0.19	0.20	0.28	0.20	0.21	0.56	0.19	0.25	0.43	0.47	0.38	0.29	0.25	0.18	0.29
Na ₂ O	0.25	0.18	0.25	0.25	0.15	0.26	0.21	0.55	0.29	0.31	0.29	0.20	0.23	0.18	0.20	0.16	0.27
K ₂ O	0.23	0.15	0.14	0.19	0.22	0.33	0.29	0.42	0.14	0.23	0.35	0.21	0.21	0.25	0.21	0.19	0.25
Al ₂ O ₃	0.13	0.10	0.09	0.12	0.09	0.11	0.13	0.30	0.11	0.16	0.15	0.09	0.12	0.10	0.09	0.09	0.14
SiO ₂	0.11	0.09	0.05	0.08	0.06	0.06	0.11	0.32	0.10	0.17	0.12	0.07	0.14	0.09	0.06	0.08	0.12

模大、强度高的特点,Cu、Pb、Zn、Ag各元素最高值依次为 93.1×10^{-6} 、 291.9×10^{-6} 、 359.7×10^{-6} 、 $1\,673 \times 10^{-6}$,且组合异常元素复杂,常有Au、Cu、Pb、W、Sn、Cr、Ni、Co、Nb、Zr、Be、Y、Th、La元素异常伴生,同时在维宝矿区Ag+As+Sb组合异常较发育,对区内的已知矿(化)体(段)反映较好,Ag+As+Sb组合异常是寻找该地区层控改造型铅锌矿床的重要地球化学标志^[24]。在白干湖一带主要为W、Sn、Bi、Mo等主成矿

元素的异常分布区^[25-26],同时伴生有Au、Ag、Cu、Co等元素的异常分布,均具异常面积大、强度高的特征,异常对应地质体为加里东期岩体及金水口(岩)群。在阿达滩一带主要是以Cu、Pb、Zn为主的组合异常分布区,伴有Ag、Cd、As、W、Sn、Bi、U、Th等元素异常,Pb异常面积最大,为 132.66 km^2 ,最高值为 663×10^{-6} ,Zn异常面积为 51.73 km^2 ,最高值为 325×10^{-6} ,Cu异常面积为 21.3 km^2 ,最高值为 192.5×10^{-6} ,

表8 主要地质单元中区域化探成矿元素的变化系数序列

Table 8 Variation coefficients of the ore-forming elements in the main geological units sequence

地质单元	变化系数序列
鄂拉山组和喀拉苏组(T_3)	Cr(1.78)–Ni(1.07)
白干湖组(S_1b)	W(2.37)–Au(1.19)–Sn(1.10)
滩间山群(T)	Pb(1.95)
长城系小庙岩组(Chx)	W(4.85)–Sn(1.39)–As(1.22)–Cd(0.96)
蓟县系狼牙山组(Jxl)	Ag(1.76)–W(1.53)–As(1.40)–Sb(0.92)–B(0.85)
金水口(岩)群(Pt)	Bi(2.39)–F(2.09)–Sn(1.59)–W(1.50)–As(1.44)–Cd(1.07)–Pb(1.03)–Sb(1.01)–Au(0.91)–Ag(0.90)
丘吉东沟组(Qbq)	B(1.32)–Au(1.22)–W(1.09)
燕山期(γ_5^{2-3})	Au(5.93)–Bi(2.02)–As(1.40)–F(1.00)–Mo(0.98)–Cr(0.94)–Cu(0.87)
印支期(γ_3^1)	Bi(2.73)–Sn(2.44)–F(2.31)–Pb(2.06)–As(1.94)–Cu(1.86)–Cd(1.69)–Ag(1.26)
华力西期(γ_4)	W(5.48)–As(1.32)–B(0.94)
加里东晚期—华力西早期(γ_3^{2-3})	Sb(2.6)–As(1.56)–W(1.38)–Bi(1.03)
加里东中晚期(γ_3^{2-3})	W(2.91)–Pb(2.16)–As(1.90)

表9 新疆祁漫塔格东段区域化探元素致矿系数(Z_x)统计Table 9 Statistics of mineralization coefficients (Z_x) of regional geochemical elements from eastern Qimantag of Xinjiang

单元	E–Q	T_3	P–C	S_1b	T	OQ	Qbq	Jxl	Chx	Pt	HZY	γ_5^{2-3}	γ_5^1	γ_4	$\gamma_3^3-\gamma_4^1$	γ_3^{2-3}	全区
样品数	1535	213	23	226	17	51	50	108	102	61	61	110	91	183	189	139	3159
W	39.29	18.86	13.18	71.96	12.87	16.92	38.09	51.19	286.60	55.51	69.77	26.02	44.63	167.16	34.21	58.74	99.43
Au	23.39	20.11	21.43	43.34	9.77	54.74	35.85	19.98	14.14	20.16	35.92	138.25	11.83	17.79	16.82	11.37	67.11
Bi	33.92	43.47	17.20	20.79	16.89	11.83	27.66	20.08	20.57	142.97	21.57	72.32	173.72	22.03	26.78	21.39	63.74
Sn	41.45	37.77	15.45	38.89	10.12	34.19	16.43	30.80	55.79	82.26	25.51	35.86	147.50	15.76	33.21	20.17	59.38
Nb	50.25	53.19	44.11	44.40	44.64	43.93	47.64	47.59	55.05	44.48	57.09	49.86	52.66	47.40	52.77	52.91	52.00
Pb	44.01	30.92	21.24	19.20	51.36	9.06	7.94	20.87	26.00	39.83	9.27	20.65	81.55	20.54	9.71	56.40	44.05
F	13.94	27.80	13.36	11.76	9.39	12.82	10.24	20.43	12.49	67.25	10.99	60.25	65.99	11.09	11.87	11.96	41.66
Ag	37.22	18.21	13.61	10.63	11.51	11.51	10.27	53.39	22.57	30.45	11.62	18.34	49.44	11.47	15.47	11.13	36.81
Cd	25.63	28.12	16.69	14.56	13.73	9.74	12.48	34.89	18.32	44.55	12.30	18.57	50.60	15.75	19.07	9.16	26.97
Mo	25.08	23.70	13.01	12.99	14.14	13.98	12.48	27.26	13.19	24.58	15.83	27.40	19.92	10.56	14.66	8.00	23.64
La	19.19	20.37	16.94	16.18	19.25	16.98	17.75	17.04	15.99	26.22	20.88	40.28	20.18	17.82	18.28	19.66	23.11
Ni	17.38	17.48	24.95	23.35	15.00	18.75	23.35	17.69	14.18	13.24	31.35	14.68	12.70	12.57	16.47	16.15	22.27
Cr	18.09	19.03	19.82	20.51	12.59	16.35	15.94	13.22	11.63	12.71	36.62	12.09	9.19	11.26	14.10	13.69	21.73
U	19.49	18.46	17.31	9.86	8.73	10.66	14.47	15.46	11.68	19.11	23.01	20.96	23.41	16.87	14.64	8.14	21.45
Ti	16.40	15.12	15.42	17.36	12.76	14.58	24.52	16.80	17.68	15.88	16.79	14.70	14.50	16.75	17.01	33.15	21.39
As	16.98	28.56	18.30	13.68	15.14	16.17	20.68	31.02	26.50	31.00	19.14	19.39	48.96	12.19	13.60	14.49	21.25
Zn	15.56	19.58	12.14	11.79	10.11	12.13	9.75	13.80	14.60	20.69	11.08	21.80	39.20	12.09	12.50	10.07	20.33
Co	17.76	15.94	22.19	19.21	13.88	23.28	18.52	17.12	17.72	15.37	20.97	15.63	15.38	14.78	16.72	18.46	19.59
Y	18.30	15.29	14.95	13.56	11.35	15.42	12.17	14.72	14.55	19.17	18.98	29.84	16.60	16.86	14.55	14.93	19.57
Cu	16.27	15.29	14.21	15.27	14.25	22.50	14.18	17.29	13.82	15.09	25.90	15.08	29.97	12.40	14.16	12.53	19.40
V	17.12	13.81	25.15	16.98	11.88	17.02	17.53	19.70	15.87	13.11	19.77	14.72	14.78	14.94	15.06	16.81	19.07
Th	18.82	12.21	11.07	8.94	7.26	10.33	11.32	11.70	11.15	22.81	16.02	32.87	14.32	13.25	13.95	9.32	18.08
Sr	18.29	7.87	10.31	7.38	10.07	11.12	7.54	11.73	21.02	38.18	9.78	11.24	8.01	19.26	8.67	20.54	17.05
Sb	14.95	12.35	12.61	15.38	12.33	21.15	9.84	20.30	8.05	15.87	17.80	9.38	13.02	8.72	20.25	6.28	16.99
Be	20.24	10.82	6.66	16.22	14.23	12.21	13.05	12.46	9.85	11.85	17.10	20.80	11.83	10.39	16.12	12.07	16.97
B	12.10	8.76	10.06	10.29	12.51	10.86	32.75	16.29	36.90	19.47	13.79	8.93	9.16	13.59	12.71	23.04	16.50
P	13.69	13.22	12.88	12.22	13.97	11.00	13.99	21.48	14.06	16.27	14.64	13.21	14.20	12.78	16.23	16.96	14.55
Zr	14.74	15.89	9.18	8.55	8.39	12.13	7.98	11.05	9.33	9.59	14.91	18.29	11.62	9.94	11.78	17.91	14.27
Ba	13.70	13.84	8.00	14.18	17.07	7.44	12.07	21.54	12.25	11.24	19.08	11.20	14.61	12.76	8.16	10.22	13.67
Mn	12.39	12.26	10.18	10.44	9.26	9.07	10.19	15.17	16.42	11.07	10.79	11.76	15.18	14.68	9.84	12.52	13.04
Li	11.90	8.88	10.89	15.37	9.43	15.47	17.55	9.33	13.11	9.76	12.45	16.17	16.58	11.30	9.46	11.62	13.01
Hg	5.47	11.80	5.28	4.92	3.93	7.20	5.71	5.94	3.66	6.50	6.90	9.15	7.07	4.77	4.56	3.69	8.72

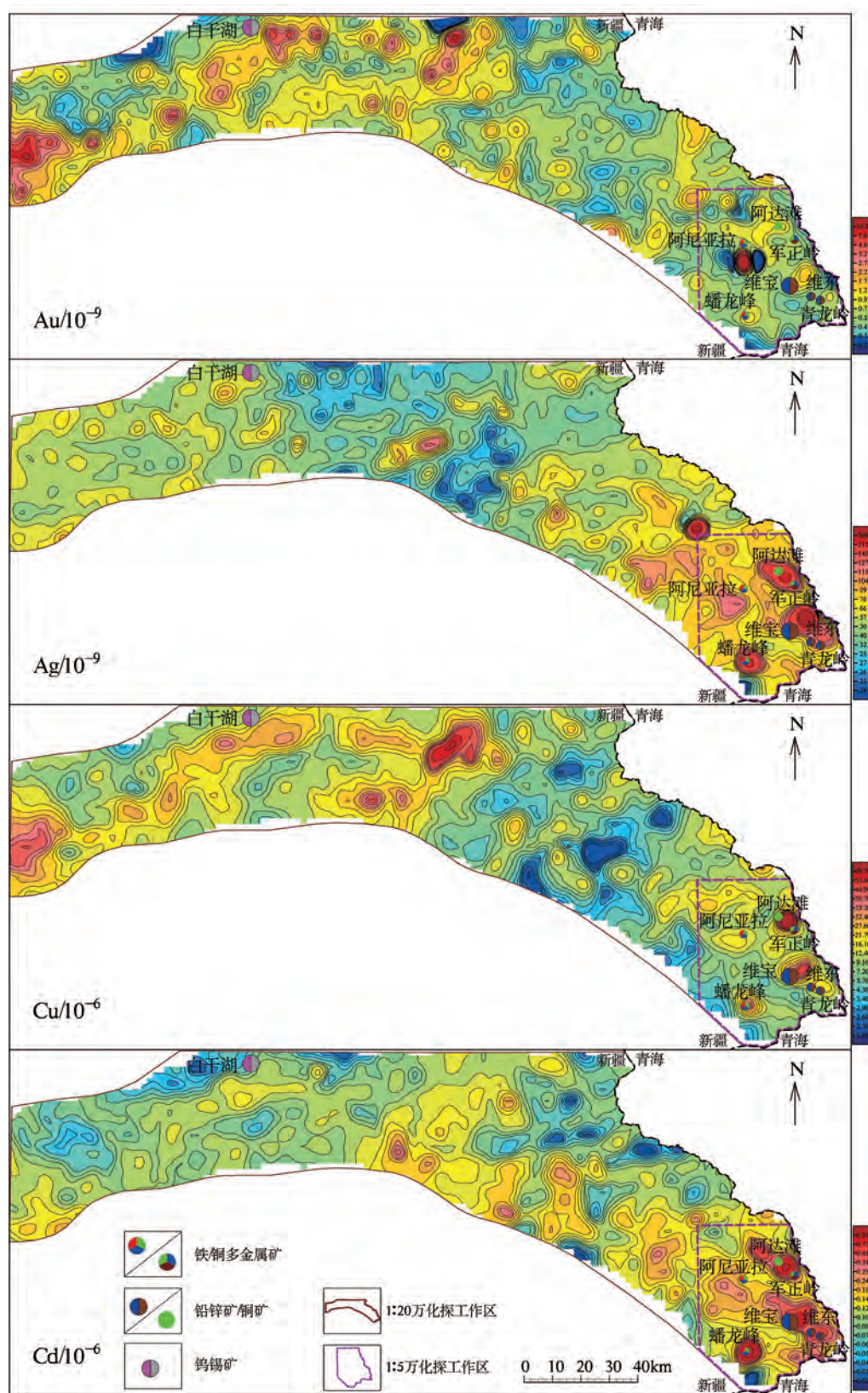


图3 Au、Ag、Cu、Cd地球化学等值线图(1:200 000)
Fig.3 Geochemical map of Au, Ag, Cu, Cd(1:200 000)

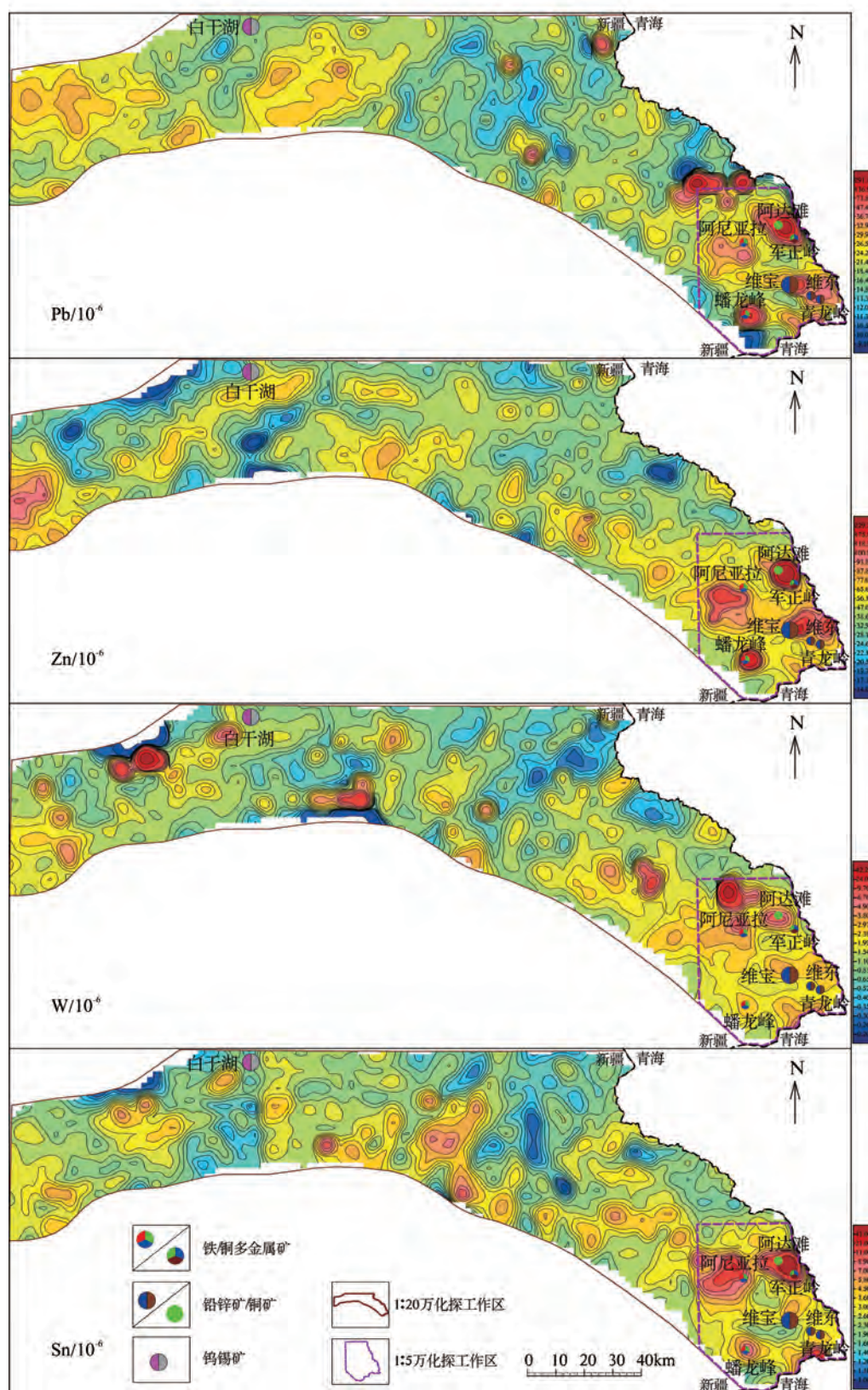


图4 Pb、Zn、W、Sn地球化学等值线图(1:200 000)
Fig.4 Geochemical map of Pb, Zn, W, Sn (1:200 000)

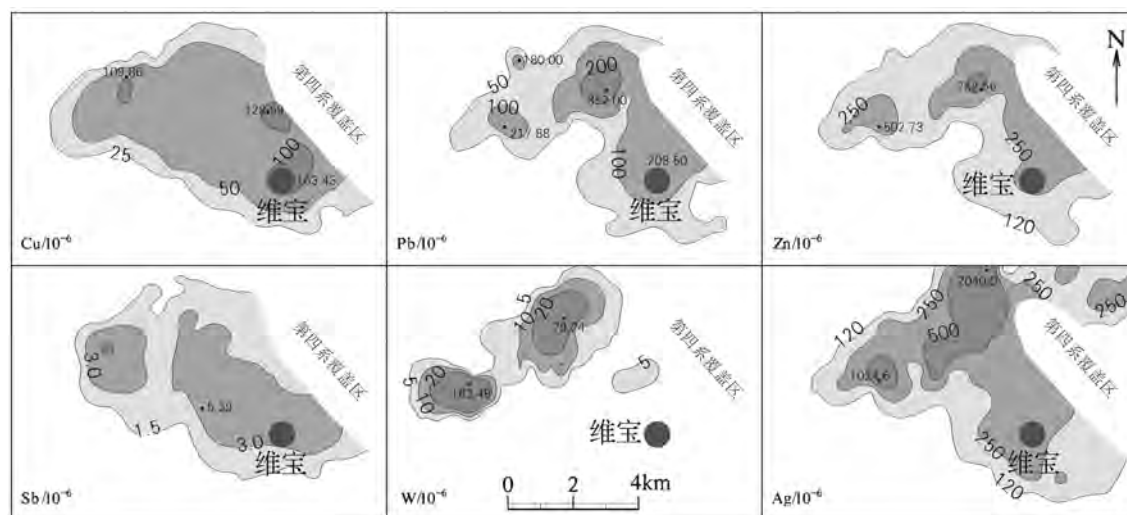


图5 维宝铅锌矿一带1:5万化探异常剖析图

Fig.5 Geochemical anomalies profiling map of Weibao area (1:50 000)

Cu、Pb、Zn及Cd、W、Sn、Bi、F均有两个浓集中心,该异常主要分布于印支期侵入体中,具有矿致异常特征。在鸭子大阪一带主要为Cu、W、Sn、Bi、Mo等元素的异常分布区,异常分布于早元古代金水口群的地层中,异常具有规模大、强度高的特点。

2.2.3 讨论

(1)与上陆壳相比,本区相对富集As、Bi、Sb、B、Ag、Pb、CaO、Ba、Cd、Li、F、SiO₂等元素,其他元素则相当或贫化。

(2)与昆仑—阿尔金地区相比,该区主要成矿元素Sn、W、Bi、Be、U、Pb、Th等元素相对富集,以Sn—W—Bi—Be等高温元素组合为特征,而U、Th等元素的出现,则暗示了该区W、Sn等元素的成矿作用可能与酸性岩浆的侵入活动有关。

(3)对于本区W、Au、Bi、Sn、Pb、As、Sb、Cr、Cd、F、Ni、Ag、B、Mo、Cu等极不均匀强分型的元素而言,既有W—Bi—Sn—Ni—Mo等高温元素组合,又有Au—Pb—Cu等中温元素组合和As—Sb—Ag等低温元素组合,显示出该区成矿地质条件的复杂性和相应矿床类型的多样性以及成矿的多期多阶段性。

(4)根据各元素在致矿序列中所处的位置,W、Au、Pb、Sn、Ag等元素应为该区的主要成矿元素,As、Bi、F、Cd、Cu等元素为主成矿元素的伴(共)生或指示元素,且各主成矿元素具有如下富集特点:

①本区以W、Sn等高温成矿元素的富集成矿作用基

本与长城系小庙岩组(Chx)和白干湖组(S_{1b})等地层有关,与成矿作用最为密切的岩浆活动应为华力西期(γ_4),其次为加里东期(γ_3);同时,具有W、Sn、Mo、F、Nb等组合异常的分布区,则显示出上述区域可能具有寻找与碱质花岗岩有关的W、Sn矿床的前景;

②以Cu、Pb、Zn、Mo等中—高温成矿元素的成矿作用主要与金水口(岩)群(Pt)、长城系小庙岩组(Chx)、蓟县系狼牙山组(Jxl)及石炭—二叠系(P—C)等地层和印支期(γ_5^1)岩浆活动有关,前者应为上述成矿元素的富集部位,后者则为成矿元素的迁移和富集提供了热源和成矿物质来源;

③Au元素Z_v值以在燕山期侵入体中为最高,其次为祁漫塔格群(OQ),反映出该区Au元素的成矿可能与祁漫塔格群(OQ)和燕山期(γ_5^{2-3})岩浆侵入活动有关。

(5)从该区主成矿元素异常分布特征看,西部是以W、Sn、Au等元素的组合异常分布区,东部则是以Pb、Zn、Cu、Ag、W、Sn等元素的组合异常分布区,相应区域应是各主成矿元素的成矿有利地段。

3 异常查证及找矿效果

3.1 方法概述

异常查证工作主要针对1:20万和1:5万化探异常分布区进行,本次查证工作主要以路线地质找矿、地化剖面法和地表槽探及钻探工程为主。路线地质主要选择在异常浓集中心地段进行,以追溯异常

源头为主要目的,在追溯的过程中辅以信手剖面 and 地表捡块取样;地化剖面测量一般选择在穿过主成矿元素的异常中心地段,剖面条数以能够较完全地控制异常中心为原则,一般布设3条以上,线距300~500 m,在剖面测量过程中所采集的化探样品以岩屑(土壤)为主,采样部位为基岩上部的残(坡)积层,采样点距40 m,在见有矿化蚀变地段加密至10~20 m,采样过程不局限于严格意义上的点距和线距,在测线线距和采样点距的1/2~1/3的范围内进行多点采集($\geq 3 \sim 5$ 点),并最终将多点样组合为1个样品,以增强所采集样品的代表性,采样粒级-10~+80目,测试元素视区域化探异常的主成矿元素及其指示元素而定;在发现一定的地表矿化信息后,进行稀疏的地表工程揭露和深部钻探验证。

3.2 主要异常查证

3.2.1 维宝铅锌矿

维宝铅锌矿是在该区开展1:20万化探异常检查工作,通过以追溯异常为目的的路线地质找矿和地化剖面测量时首次发现。当时所做1:1万岩屑地球化学剖面成果显示:在该区的狼牙山组(Jxl)地层内明显有Pb、Zn、Cu、Ag等主成矿元素的富集,其中Pb最大值为 406×10^{-6} 、Zn最大值为 600×10^{-6} 、Cu最大值为 853×10^{-6} 、Ag最大值在 $1\,000 \times 10^{-9}$ 以上,高值地段对应岩性为透辉石、绿帘石矽卡岩,这与勘查后的维宝铅锌矿的赋矿岩石完全一致(图6)。

在维宝铅锌矿的主要赋矿地层为蓟县系狼牙山组(Jxl),矿体主要产于其条带状大理岩粉—细砂岩互层、大理岩化灰岩层内,主要岩性组合为条带状绿帘石透辉石矽卡岩、微晶大理岩、大理岩化灰岩、绿泥绢云母千枚岩和绢云母纤闪石片岩等,含矿岩性为绿帘石、透辉石矽卡岩。矿石结构主要有半自形—他形晶粒状结构、脉状—网脉状结构、骸晶结构、交代残余结构、固溶体分离结构、包含结构、溶蚀结构、星点状结构、碎裂结构、内部环带结构等。矿石构造主要以条带状构造、块状构造、层状—似层状构造为主,其次是浸染状构造、脉状—网脉状构造、角砾状构造。

维宝铅锌矿区矿化段可分为南段、东段和西北段3段,以东段为主要矿段,全区共控制铅锌(铜)多金属矿体70条,其中东段53条、西北段16

条、南段1条,以东段的L1、L2、L5和L6为主要矿体(图7)。

L1矿体:东段北侧,长725 m,厚0.76~14.39 m,矿体走向106°、倾向196°、倾角70°,赋矿岩石为绿帘石、透辉石矽卡岩,顶底板分别为矽卡岩和大理岩。形态呈不规则层状,控制最大延深350 m,矿体在走向上连续性较好,在倾向上具分支复合和尖灭再现现象。单工程Pb品位0.37%~1.6%,Zn品位0.37%~2.32%,伴生Cu品位0.35%、Ag 17.04 g/t,平均Pb品位1.10%、Zn品位1.31%、伴生Cu品位0.17%、Ag品位8.69 g/t;矿体品位变化系数Pb 42.09%、Zn 44.26%,厚度变化系数72.94%。

L2矿体:是维宝铅锌矿主矿段规模最大一条矿体,位于L1矿体南侧,主要产于条带状矽卡岩内,总体呈不规则层状,矿体走向为106°、倾向196°、倾角70°,矿体长800 m,控制矿体最大斜深410 m。矿体走向上连续性较好,具分支复合现象。矿体单工程厚度1.00~25.44 m,平均厚度10.63 m,单工程Pb品位0.35%~2.75%、Zn 0.33%~2.41%、伴生Cu最高品位0.53%、Ag 25.44 g/t,矿体平均品位Pb 1.16%、Zn 1.46%、伴生Cu 0.12%、伴生Ag 9.75 g/t;矿体品位变化系数Pb 42.84%、Zn 41.58%,厚度变化系数61.19%。

L5矿体:亦产于条带状矽卡岩内,矿体呈不规则层状,长520 m,厚度0.74~19.12 m,走向106°、倾向196°、倾角68°,控制最大斜深420 m,沿倾向具分支复合现象。单工程平均厚度6.71 m,Pb品位0.36%~8.71%、Zn 0.40%~8.04%、伴生Cu最高6.99%、Ag 49.84 g/t,平均品位Pb 1.44%、Zn 1.50%、伴生Cu 0.19%、Ag 8.53 g/t。

L6矿体:位于L5矿体南侧,产于条带状矽卡岩内,形态呈不规则层状。走向106°、倾向196°、倾角69°,长650 m,厚1.81~20.47 m,均厚9.28 m,最大控制斜深350 m。单工程矿体品位Pb 0.51%~3.67%、Zn 0.57%~2.69%、伴生Cu最高品位2.75%、Ag 38.50 g/t,平均品位Pb 1.08%、Zn 1.13%、伴生Cu 0.15%、Ag 5.78 g/t。矿体品位变化系数Pb 40.43%、Zn 39.55%,厚度变化系数55.15%。

截止到目前,维宝铅锌矿现已查明求得332+333+334级矿石量2 790.77万t,Pb+Zn金属量62.32万t,并伴生Cu金属量3.36万t,伴生Ag金属量

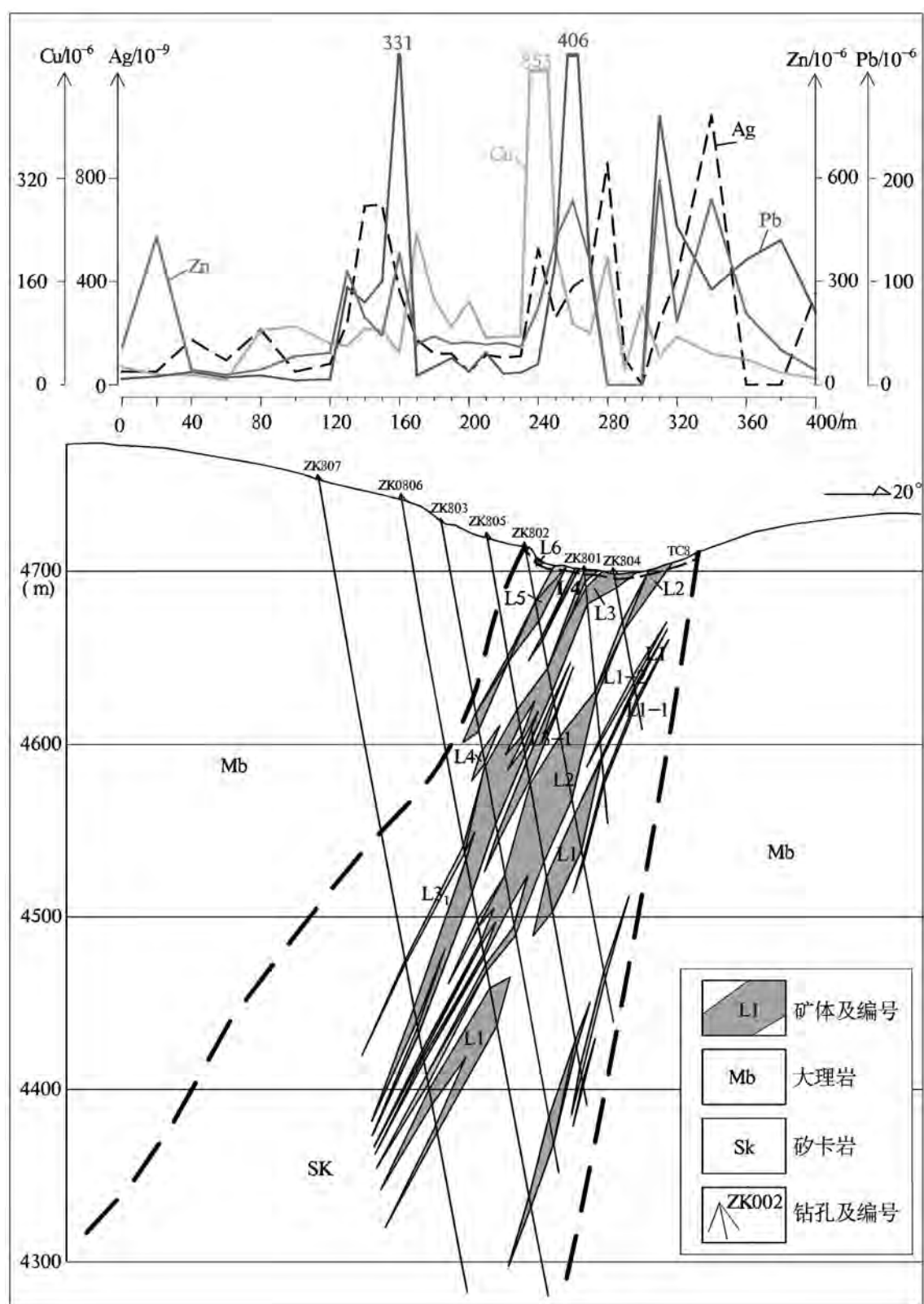


图6 维宝铅锌矿地球化学—地质勘探线剖面图

Fig.6 Geochemical-geological section of the the Weibao lead-zinc deposit

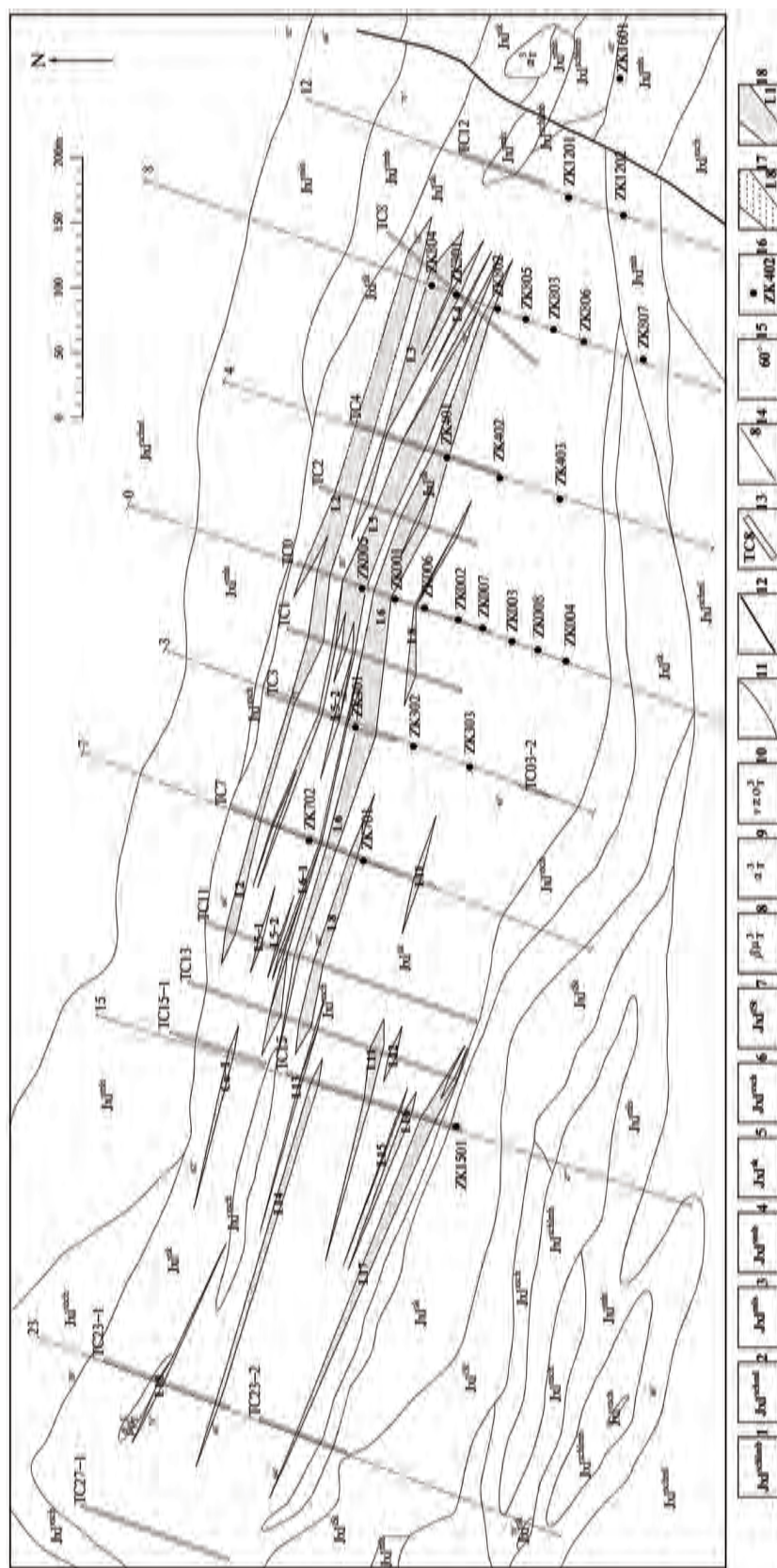


图7 维宝铅锌矿主矿段地质简图

1—片状绿泥大理石岩; 2—片状炭质灰岩; 3—大理岩化灰岩; 4—砂卡岩; 5—砂卡岩; 6—纤闪石片岩; 7—凝灰质粉砂岩; 8—辉绿岩;
9—蚀变安山岩; 10—石英英霏岩; 11—地质界线; 12—断层; 13—探槽位置及编号; 14—勘探线剖面及编号; 15—产状; 16—钻孔位置及编号;
17—铜矿体及编号; 18—铅锌矿体及编号

Fig.7 Simplified geological map of the main ore block of the Weibao lead-zinc deposit

1—Chlorite marble; 2—Carbonaceous limestone; 3—Marble limestone; 4—Skarn; 5—Skarn; 6—Fiber amphibole schist; 7—Tuffaceous siltstone; 8—Diabase;
9—Altered andesite; 10—Quartz felsitic rock; 11—Geological boundary; 12—Fault; 13—Location and serial number of trench; 14—Exploration section and its serial number;
15—Attitude; 16—Location and serial number of drill hole; 17—Copper ore body and its serial number; 18—Lead-zinc ore body and its serial number

251.45 t^①。同时在该区开展1:5万化探普查工作后又相继新发现了维东、维西铅锌矿床(点),已初步探求得维东、维西等维宝外围矿床(点)334₁级矿石量1 042.89万 t, Pb+Zn金属量15万 t^②, 维宝铅锌矿田预测Pb+Zn资源量在800万 t以上,具特大型—超大型找矿潜力。矿床成因类型为层控热液改造型铅锌矿床。

3.2.2 蟠龙峰铁多金属矿

蟠龙峰地区1:20万水系沉积物异常是以Pb、Bi、Cu、Zn、Au、Ag、As、Cd及W、Sn、Mo等为主的组合元素异常,异常规模大、强度、组分复杂、浓度分带明显,各元素异常套合好,其中Pb异常面积52.45 km²,异常平均值 88.1×10^{-6} ,最高值 227×10^{-6} ,异常强度高、规模大、分带浓集中心明显;Bi异常面积68.91 km²,最高值 17.47×10^{-6} ;Zn异常面积35.4 km²,异常平均值 174.75×10^{-6} ,最高值 318×10^{-6} ;Ag异常面积47.67 km²,异常平均值 216.9×10^{-9} ,最高值 571×10^{-9} ;As面积为27.8 km²,最高值为 83.6×10^{-6} 。

在对上述异常进行1:5万水系沉积物测量加

密采样的过程中,首次发现了蟠龙峰铁多金属矿的西部矿体,且1:5万水系沉积物测量成果显示,该区仍然是以Cu、Zn、Pb、W、Sn、Mo、Bi、Au、Ag、As、Sb等元素为主的组合异常分布区,Cu、Pb、Ag、Zn、Bi、Mo的最大值分别为 $6\,051.53 \times 10^{-6}$ 、 $13\,071 \times 10^{-6}$ 、 $6\,771.8 \times 10^{-9}$ 、 702.9×10^{-6} 、 34.5×10^{-6} 、 18.97×10^{-6} , Pb、Bi、Zn等元素的异常内带具规模大、强度高、组分复杂、浓度分带浓集中心明显、元素异常套合好的特点,Cu、Zn、Pb、Ag等元素异常具明显的矿致异常特征。

蟠龙峰铁多金属矿位于东昆仑西段的北坡,多金属矿体主要产于古元古界金水口(岩)群白沙河(岩)组(Pt₁)和印支期侵入体(γ_5^1)的接触带处,古元古代金水口(岩)群白沙河组一套古老变质岩系,岩石类型主要为黑云母斜长片麻岩、黑云母斜长角闪片岩夹石英岩及大理岩等(图8),其碳酸盐岩段是铁多金属矿体主要赋矿岩性(段);区内侵入岩广泛发育,主要为印支期二长花岗岩、钾长花岗岩及少量安山玢岩脉等,其中二长花岗岩侵入于新元古

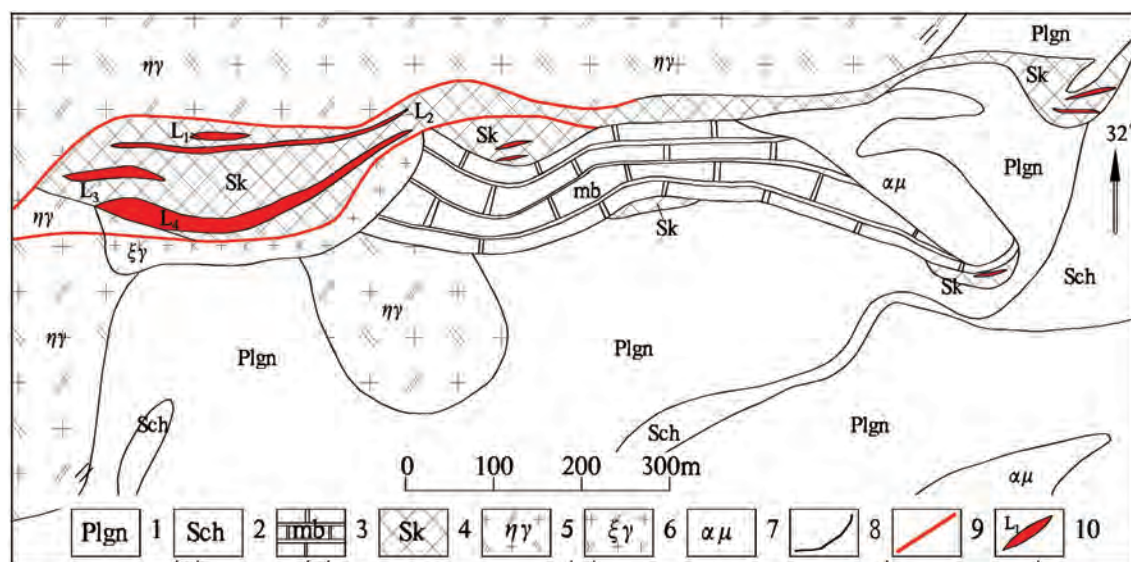


图8 蟠龙峰铁多金属矿区地质略图

1—斜长片麻岩;2—角闪片岩;3—大理岩;4—矽卡岩;5—二长花岗岩;6—钾长花岗岩;7—安山玢岩;
8—地质界线;9—断层;10—矿体及编号

Fig.8 Geological sketch map of the Panlongfeng iron deposit

1-Plagioclase gneiss; 2-Hornblende schist; 3-Marble; 4-Skarn; 5-Adamellite; 6-Moyite; 7-Andesitic porphyry;
8-Geological boundary; 9-Fault; 10-Ore body and its serial number

① 胡华伟, 景宝盛, 徐敏山, 等. 新疆若羌县维宝一带铅锌多金属矿普查报告[R]. 新疆地矿局物化探大队内部报告, 2010.

② 景宝盛, 胡华伟, 李永年, 等. 新疆若羌县维宝铅锌矿普查成果报告[R]. 新疆地矿局物化探大队内部报告, 2006.

界白沙河组的片麻岩和大理岩中,其接触界线清楚,在接触带内接触交代作用明显,并形成矽卡岩带,矽卡岩带长约1 300 m、宽30~120 m不等,岩石类型主要为石榴石矽卡岩、透辉石矽卡岩、透辉石榴石矽卡岩、透辉石绿帘石矽卡岩、绿帘石矽卡岩等,该期岩浆活动与区内铁多金属矿的形成关系最为密切。

蟠龙峰铁多金属矿主矿体(段)位于蟠龙峰的西部,地表矽卡岩带呈北西向展布,为不规则透镜状,由西往东变薄变小(图8)。通过近几年的地质工作,在区内共控制铁多金属矿体11条,以L₂、L₄号矿体为主要矿体。L₂铁矿体为不规则脉状,走向124°、倾向南西、倾角70°,矿体长350 m,厚2~14.5 m,平均5.74 m,TF_{Fe}在20%~63.20%,平均33.73%。L₄铁矿体亦为不规则脉状,走向90°~140°、倾向南西、倾角78°,矿体长375 m,厚8.92~42.08 m,平均厚19.35 m,TF_{Fe}在21.45%~59.55%、平均27.79%。

蟠龙峰铁多金属矿现已查明求得333+334级Fe矿石量437.5万t,预测Fe矿石资源量在2000万t以上,伴(共)生Cu矿石量77.4万t,Cu金属量5 069 t,伴(共)生Pb+Zn矿石量16.5万t,Pb+Zn金属量2758t,伴(共)生Ag矿石量123.6万t,Ag金属量20 131 t^①。矿床成因类型为接触交代矽卡岩型多

金属矿床。

3.3 找矿效果

开展区域化探工作的根本任务之一就是实现“由面到点”的地质找矿新突破,套合的地球化学异常谱系是其找矿的地球化学理论基础。如前所述新技术、新方法的广泛应用,自本世纪初以来,通过在祁漫塔格东段开展不同比例尺的区域地球化学填图工作,新发现了大量的与矿有关的区域化探矿致异常,依照本区各主成矿元素在各地质体中的富集特征,以及各主成矿元素及其伴(共)生元素异常的分布特点,结合区内成矿地质条件背景等综合因素,在该区共划分了以Au、Ag、W、Sn、Pb、Zn、Cu等为主的主成矿元素成矿远景区3个(I、II、III)及各主成矿元素找矿靶区10个(I-1~3、II-1~2、III-1~5)(图9)。十余年来,通过该区区域化探工作的开展,在新疆东昆仑祁漫塔格东段先后发现了以W、Sn、Pb、Zn、Fe、Cu等为主的多金属矿产地近20余处,展示出该区极好的地质找矿潜力。各区成矿地质背景、区域化探特征及截止到目前为止的找矿效果参见表10。

在2001—2011年期间,新疆地矿局物化探大队相继在上述远景区(I、II、III)和靶区内,新发现了维宝铅锌矿、蟠龙峰铁多金属矿、伊阡巴达铁矿、攀

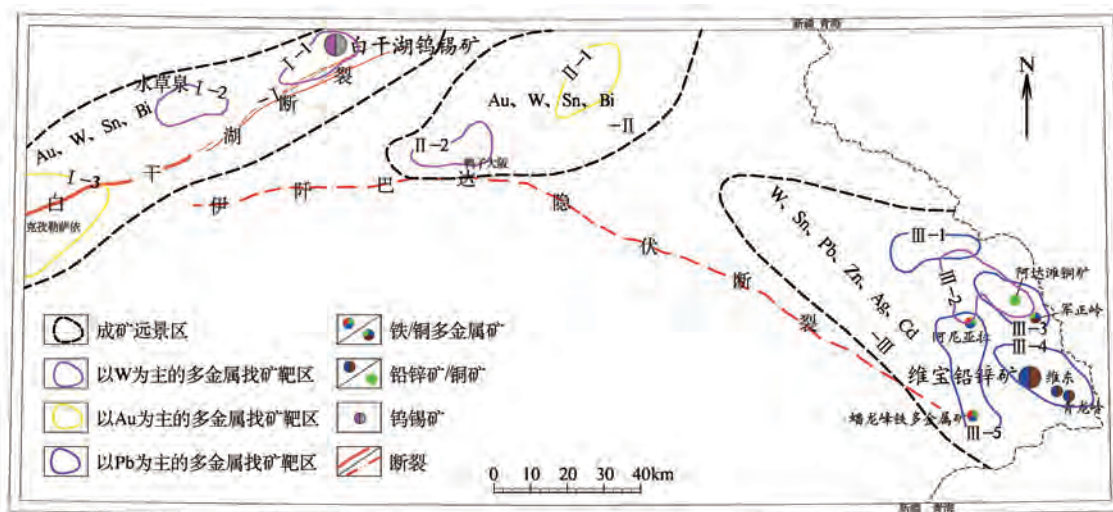


图9 主成矿元素成矿远景区及找矿靶区划分图

Fig.9 Division of the prospective areas and prospecting targets of main ore-forming elements

①雷建华,李永年,徐敏山,等.新疆若羌县蟠龙峰铁铜多金属矿普查报告[R].新疆地矿局物化探大队内部报告,2006.

表10 祁漫塔格东段成矿远景、靶区及找矿效果一览

Table 10 The list of prospective areas, prospecting targets and ore-prospecting effect in eastern Qimantag

远景区	靶区	成矿地质背景概述	区域化探异常特征	找矿方向	找矿效果
I	I-1	小庙岩组 (Chx) 片岩、变粒岩、片麻岩、硅质岩夹大理岩的岩石组合, 加里东期中酸性岩浆岩侵入其中, 白干湖断裂是区内主要的成岩、成矿控制构造	以 W、Sn 元素异常为主的 Sn、Au、W、Ag、Bi、Mo、Nb、Be 等多元素组合异常, 具 Bi、Be-W、Mo-Sn 的水平分带 (由内到外)。W、Sn 异常浓集中心明显, 且套合好 ^[26]	与加里东期岩浆活动有关的岩浆热液型 W、Sn 矿床 ^[24]	发现了巴什·尔希钨锡矿床、白干湖钨锡矿床和柯可·卡尔钨锡矿床 (大型)
	I-2		异常元素组合主要为 W、Sn, 异常组合简单, 但套合好, 强度大, 极值高, W、Sn 均具有内、中、外三级浓度分带, 浓集中心明显		发现了水草泉钨矿 (点)
	I-3	祁漫塔格群 (OQ) 复理石夹火山碎屑岩、硅质岩和少量碳酸岩建造; 印支—燕山期中酸性侵入体侵入其中; 构造上位于伊玛巴达断裂与白干湖断裂交汇处	元素组合为 Au、As、Sb、Hg、Cd、Zn、Cu、Co、V、Ti、F 等, 但以 As-Sb-Hg 等低温元素组合为主, Au 元素异常规模大, 具内、外两个浓度分带	与印支—燕山期岩浆活动有关的破碎蚀变岩型金矿床	发现了克孜勒萨依金矿
II	II-1	祁漫塔格群 (OQ) 复理石夹火山碎屑岩、硅质岩和少量碳酸岩建造; 华力西期花岗岩呈岩枝侵入其中; 阿达滩南缘断裂及其次级断裂是区内的主要构造	以 Au、Ag、As、Sb、Hg 等为主的低温元素组合异常发育, 各元素异常套合好, 具有多个 Au 的浓集中心, 元素分带不明显	与华力西期岩浆活动有关的热液型 Au 矿床	
	II-2	白干湖组 (S _{1b}) 粉砂岩、细砂岩、绿泥绢云英片岩、板岩和鸭子大坂杂岩体等; 加里东晚期—华力西早期 (γ ₃ ² -γ ₄ ¹) 侵入岩侵入其中; 伊玛巴达隐伏断裂及其次级断裂发育	以 W、Sn 等为主的多元区域化探异常发育, 以 W 的异常规模最大, 且其浓集中心明显, 具有三级浓度分带	与加里东晚期—华力西早期岩浆活动有关的 W、Sn 矿床	泉东铁矿 (点)
III	III-1	金水口 (岩) 群片岩、片麻岩及大理岩; 华力西期岩浆活动频繁, 具多期多阶段性; 阿达滩南缘断裂是区内主要控矿构造	具以 Pb 元素为主的区域化探异常分布, Pb 异常具两个明显的浓集中心, 具有内、中、外三级浓度分带	与华力西期岩浆活动有关的矽卡岩型铅锌矿床	
	III-2	小庙岩组 (Chx) 片岩、变粒岩、片麻岩、硅质岩夹大理岩的岩石组合, 岩浆活动具有多期多阶段性, 从印支—华力西期均有分布, 但以印支期为主, 阿达滩南缘断裂是区内主要控矿构造	为 W、Sn、Be、Pb 的多元异常分布区, 以 W 元素异常规模最大, W 异常浓集中心明显, 具有内、中、外三级浓度分带	与印支期岩浆活动有关的岩浆热液型 W、Sn 矿床	发现了安拉吉钨矿点
	III-3	小庙岩组 (Chx) 片岩、变粒岩、片麻岩、硅质岩夹大理岩, 印支期二长花岗岩 (斑) 岩、花岗岩长岩侵入其中; 阿达滩南缘断裂是区内主要控矿构造	具 Cu、Pb、Zn、Cu、Ag、Cd 等元素组合异常的分布, Pb、Zn、具有内、中、外三级浓度分带, 具多个明显浓集中心, 异常规模大	矽卡岩型铅锌 (多金属) 矿床、斑岩型 Cu 矿床	发现了阿达滩 Cu、Pb、Zn 多金属矿点
	III-4	JxI 大理岩、大理岩化灰岩、矽卡岩化大理岩出露区, 印支期侵入体零星侵入其中	以 Cu、Pb、Zn、Ag、Cd 等多元素异常为主, 具有套合好、浓集中心明显、规模大 Pb、Zn 高值区高度重叠、且具有内、中、外三级浓度分带等特点	与蓟县系狼牙山组沉积建造有关的沉积改造型 Pb、Zn 矿床	发现了维东铅锌矿 (中—大型)、维东铅锌矿、青龙岭铅锌矿 (点)、维西铅锌矿
	III-5	金水口 (岩) 群、石炭—二叠系大干沟组等含碳酸盐岩地层出露区内; 岩浆侵入活动具有多期多阶段性, 以燕山期和印支期为主, 伊玛巴达隐伏断裂及其次级断裂是区内的主要控矿构造	以 Pb 为主, 伴生有 Au、Ag、As、Cu、Zn、Cd 及 W、Sn、Mo、Bi 等元素异常, Pb、Bi 异常规模大、强度高、浓集中心明显	与印支期岩浆活动有关的矽卡岩型 Fe、Cu 多金属矿床	发现了蟠龙峰铁多金属矿、阿尼亚拉铁多金属矿、伊玛巴达铁矿 (点)、攀岩峰铁矿 (点)

岩峰铁矿、维东铅锌矿、青龙岭铅锌矿、阿达滩 (军正岭) 铜多金属矿、阿尼亚拉铁都金属矿、泉东铁矿和水草泉钨锡矿等矿床 (点)。

吉林省地调院先后在区内新发现了白干湖钨锡矿和夏勒赛钨锡矿, 其中白干湖钨锡矿田已查明

333+334 级矿石量 2 319.95 万 t, 333+334₁ 级 WO₃ 金属量 10.64 万 t, 333+334₁ 级 Sn 金属量 4.04 万 t^①, 预测 333+334 级 WO₃ 金属量达 130 万 t、预测 333+334₁ 级 Sn 金属量达 55 万 t。该矿床的成因类型为岩浆热液型钨锡矿床。

①李洪茂, 时友东, 周安顺, 等. 新疆东昆仑西段黑山—祁漫塔格成矿带钨锡资源调查评价成果报告[R]. 吉林省地质调查院内部报告, 2008.

4 结论及建议

(1)在高寒干旱、半干旱山区景观区开展水系沉积物地球化学填图工作时,采样粒级为-10~+80目,1:20万宜采用的采样密度为1~2点/4~8 km²,1:5万宜采用的采样密度为3~5点/1 km²。

(2)现代社会发展促使测试技术的不断进步,是区域化探技术发展和实施的有力支撑,是获取准确可靠基础化探数据的前提,成功解决了地球化学填图工作中的瓶颈问题。

(3)通过新技术、新方法的有效应用,特别是区域化探元素致矿序列和变化系数序列的应用,对于从32种元素(不含氧化物)中快速筛选出区内的主成矿元素或指示元素及其成矿有利地质体(找矿靶区)具有很好的指导和现实意义。

(4)通过多尺度地球化学填图工作的实施,从套合的地球化学谱系中发现一切与矿有关的矿致异常,是一种实现地质工作空白区域地质找矿新突破非常有效的方法。

(5)通过本次工作显示了工作区具有极好的地质找矿潜力,特别是以W、Sn、Pb、Zn、Cu、Mo、Au、Ag等为主的多金属成矿元素。其中以W、Sn、Mo等为代表的高温元素成矿有利地段主要集中在白干湖和安拉吉一带,新发现了岩浆热液型白干湖大型钨锡矿床,该矿床具有大一超大型远景,区域化探异常显示在水草泉和安拉吉一带具有很好的寻找该类钨锡矿床的找矿前景;以Pb、Zn、Cu、Ag等为主的中低温元素的成矿有利区域则集中在蟠龙峰—维宝—阿达滩一带,新发现了维宝铅锌矿和蟠龙峰铁多金属矿,其中维宝铅锌矿具有大型以上找矿远景。

(6)新技术、新方法的有效应用将是实现该区“就矿找矿”新突破的关键所在,在维西、阿达滩、阿尼亚拉、伊阡巴达等矿床(点)均有新发现有大量的以Pb、Zn、Cu、Fe等为主的多金属矿矿化线索,但如何实现“由点到面”的突破,将依赖于综合地、物、化手段的有效应用,特别是岩石地球化学测量(原生晕)的广泛运用,将会给该区的地质找矿工作赋予新的无限生机。

致谢: 本文所引用的区域化探数据共涉及到“新疆昆仑山东段布喀达坂峰—依吞布拉克1:20万区域化探”、“新疆1:20万嘎斯煤田幅、攸苏普阿雷

克幅、牙鲁拉克幅区域化探”、“新疆1:20万阿雅格库木库里、阿其格库勒、且地塔格幅区域化探”和“新疆若羌县土窑洞一带1:5万化探普查”等新疆维吾尔自治区地质矿产开发局地球物理化学探矿大队的四个化探项目,是2002—2010年间该区的最新区域化探成果,前后共有近100余人参与了以上项目的野外生产工作,在此对所有参与以上项目工作的人员表示衷心感谢!

参考文献(References):

- [1] Xie Xuejing, Mu Xuzhan, Ren Tianxiang. Geochemical mapping in China[J]. Journal of Geochemical Exploration, 1997, 60(1): 99-113.
- [2] 谢学锦, 刘大文, 向运川, 等. 地球化学块体——概念和方法学的发展[J]. 中国地质, 2002, 29(3): 225-233.
Xie Xuejing, Liu Dawen, Xiang Yunchuan, et al. Geochemical blocks: Development of concept and methodology[J]. Geology in China, 2002, 29(3): 225-233(in Chinese with English abstract).
- [3] 王学求, 孙宏伟, 迟清华, 等. 地球化学异常再现性与可对比性[J]. 中国地质, 2005, 32(1): 135-140.
Wang Xueqiu, Sun Hongwei, Chi Qinghua, et al. Reproducibility and comparison of geochemical anomalies[J]. Geology in China, 2005, 32(1): 135-140(in Chinese with English abstract).
- [4] 郝立波, 陆继龙, 李龙, 等. 区域化探数据在浅覆盖区地质填图中的应用方法研究[J]. 中国地质, 2007, 34(4): 710-715.
Hao Libo, Lu Jilong, Li Long, et al. Method of using regional geochemical data in geological mapping in shallow overburden areas[J]. Geology in China, 2007, 34(4): 710-715(in Chinese with English abstract).
- [5] 谢学锦. 全球地球化学填图——历史发展与今后工作之建议[J]. 中国地质, 2008, 35(3): 357-374.
Xie Xuejin. Global geochemical mapping: Historical development and suggestions of future work[J]. Geology in China, 2008, 35(3): 357-374(in Chinese with English abstract).
- [6] 谢学锦, 任天祥, 严光生, 等. 进入21世纪中国化探发展路线图[J]. 中国地质, 2010, 37(2): 245-267.
Xie Xuejing, Ren Tianxiang, Yan Guangsheng, et al. 21st Century's roadmap for exploration geochemistry in China[J]. Geology in China, 2010, 37(2): 245-267(in Chinese with English abstract).
- [7] 王学求. 勘查地球化学80年来重大事件回顾[J]. 中国地质, 2013, 40(1): 322-330.
Wang Xueqiu. Landmark events of exploration geochemistry in the past 80 years[J]. Geology in China, 2013, 40(1): 322-330(in Chinese with English abstract).
- [8] 周圣华, 鄯云飞, 李艳军. 矿产勘查中的物化探技术应用与地质效果[J]. 地质与勘探, 2007, 43(6): 58-62.
Zhou Shenghua, Yan Yunfei, Li Yanjun. Application and efficiency of geophysical and geochemical exploration methods in present ore

- prospecting[J]. *Geology and Prospecting*, 2007, 43(6): 58–62(in Chinese with English abstract).
- [9] 奚小环, 李敏. 中国区域化探若干基本问题研究: 1999—2009[J]. *中国地质*, 2012, 39(2): 267–282.
Xi Xiaohuan, Li Min. Regional geochemical exploration in China: From 1999 to 2009[J]. *Geology in China*, 2012, 39(2): 267–282(in Chinese with English abstract).
- [10] 杨少平, 弓秋丽, 文志刚, 等. 地球化学勘查新技术应用研究[J]. *地质学报*, 2011, 85(11): 1844–1877.
Yang Shaoping, Gong Qiuli, Wen Zhigang, et al. Application research of the new technologies for geochemical survey[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2011, 85(11): 1844–1877(in Chinese with English abstract).
- [11] 潘维良, 刘春涌, 王小兵, 等. 新疆昆仑山布喀达坂峰—依吞布拉克一带岩石地球化学特征及元素分布规律[J]. *新疆地质*, 2005, 23(4): 347–350.
Pan Weiliang, Liu Chunyong, Wang Xiaobing, et al. Regional distribution patterns of geochemical data in the Yitunbulake area—Begdaban mountain peak, east Xinjiang Kunlun mountains[J]. *Xinjiang Geology*, 2005, 23(4): 347–350(in Chinese with English abstract).
- [12] 奚小环. 多目标的地质大调查——21世纪勘查地球化学的战略选择[J]. *物探与化探*, 2007, 31(4): 283–288.
Xi Xiaohuan. Multipurpose comprehensive geological survey: The strategic choice of exploration geochemistry in 21st century[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2007, 31(4): 283–288(in Chinese with English abstract).
- [13] 胡华伟, 景宝盛, 王斯林, 等. 新疆若羌县维宝铅锌矿床地质特征及矿床成因浅析[J]. *西北地质*, 2010, 43(4): 73–80.
Hu Huawei, Jing Baosheng, Wang Silin, et al. Brief analysis for geological features and ore deposit origin of Weibao lead–zinc deposit in Ruqiang County, Xinjiang[J]. *Northwestern Geology*, 2010, 43(4): 73–80(in Chinese with English abstract).
- [14] 董莲慧, 冯京, 刘德权, 等. 新疆成矿单元划分方案研究[J]. *新疆地质*, 2010, 28(1): 1–15.
Dong Lianhui, Feng Jing, Liu Dequan, et al. Research for classification of metallogenic unit of Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 2010, 28(1): 1–15(in Chinese with English abstract).
- [15] Xie Xuejing, Yin Bingchun. Geochemical patterns from local to global[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1993, 47: 109–129.
- [16] Xie Xuejin, Liu Dawen, Xiang Yunchuan, et al. Geochemical blocks for predicting large ore deposits—concept and methodology[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2004, 84: 77–91.
- [17] 王学求, 申伍军, 张必敏, 等. 地球化学块体与大型矿集区的关系——以东天山为例[J]. *地学前缘*, 2007, 14(5): 116–123.
Wang Xueqiu, Shen Wujun, Zhang Bimin, et al. Relationship of geochemical blocks and ore districts: examples from Eastern Tianshan metallogenic belt, Xinjiang, China[J]. *Earth Scientists*, 2007, 14(5): 116–123.
- [18] 陈永清, 黄静宁, Xiaoming Zhai, 等. 多尺度地球化学勘查聚焦找矿靶区——以滇东Pt地球化学省勘查研究为例[J]. *中国科学D辑: 地球科学*, 2009, 39(10): 1456–1465.
Chen Yongqing, Huang Jingning, Zhai Xiaoming, et al. Telescoping ore targets by geochemical exploration at multiple scales in Eastern Yunnan Pt geochemical province, southwestern China[J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2009, 39(10): 1456–1465.
- [19] 杨万志, 姜云辉, 周军, 等. 新疆区域地球化学参数特征及其研究意义[J]. *新疆地质*, 2008, 26(3): 236–239.
Yang Wanzhi, Jiang Yunhui, Zhou Jun, et al. Parameter characteristics and research meaning of regional geochemistry of Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 2008, 26(3): 236–239(in Chinese with English abstract).
- [20] 迟清华, 鄯明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
Chi Qinghua, Yan Mingcai. The Data Book of Elemental Abundance about Applied Geochemistry[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007(in Chinese).
- [21] 阮天建, 朱有光. 地球化学找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
Ruan Tianjian, Zhu Youguang. *Geochemical Prospecting*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985(in Chinese).
- [22] 张本仁. 秦巴区域地球化学文集[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990.
Zhang Benren. *Memoir of Regional Geochemistry About the Qinba Area*[M]. Wuhan: China University of China Press, 1990 (in Chinese).
- [23] 沙丁茂, 张荣善. 化学元素区域致矿序列及其意义[J]. *新疆地质科学*, 1990, 2: 158–169.
Sha Dingmao, Zhang Rongshan. Regional mineralization succession of chemical elements and its significance[J]. *Geoscience of Xinjiang*, 1990, 2: 158–169(in Chinese with English abstract).
- [24] 景宝盛, 胡华伟, 李惠, 等. 新疆东昆仑鸭子泉—维宝一带地质成矿规律浅析[J]. *西北地质*, 2010, 43(4): 62–71.
Jing Baosheng, Hu Huawei, Li Hui, et al. Preliminary analysis for geological characteristics and metallogenic regularity of Yaziquan–Weibao belt in east Kunlun mountains, Xinjiang[J]. *Northwestern Geology*, 2010, 43(4): 62–71(in Chinese with English abstract).
- [25] 李宏茂, 刘忠, 时友东, 等. 新疆东昆仑白干湖钨锡矿床地质特征[J]. *地质与资源*, 2005, 14(1): 33–36.
Li Hongmao, Liu Zhong, Shi Youdong, et al. The geologic features of Baiganhu W–Sn deposit in east Kunlun mountains, Xinjiang[J]. *Geology and Resources*, 2005, 14(1): 33–36(in Chinese with English abstract).
- [26] 刘子峰, 崔雅茹, 魏微. 新疆东昆仑白干湖钨锡矿床地球化学特征[J]. *吉林地质*, 2007, 26(4): 54–60.
Liu Zifeng, Cui Yaru, Wei Wei. The geochemical characteristics of the Baiganhu W, Sn deposit, Dongkunlun, Xinjiang[J]. *Jilin Geology*, 2007, 26(4): 54–60(in Chinese with English abstract).

Regional geochemical exploration and ore-prospecting effect in eastern Qimantag, Xinjiang

JING Bao-sheng, PAN Wei-liang, SHAN Jin-zhong, LI Mei-ying

(Geophysical and Geochemical Prospecting Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources,
Changji 831100, Xinjiang, China)

Abstract: Regional geochemical prospecting results in eastern Qimantag of East Kunlun show that, in the near-surface geological body, Na_2O , K_2O , Sn, W, Bi, Be, U, Al_2O_3 , Ba, SiO_2 , Pb and Th are relatively abundant, with Au, Bi, Sn, Nb, Pb and F being the main metallogenic elements. Based on anomaly investigation, the authors discovered several ore deposits such as Baiganhu W-Sn deposit, Panlongfeng Fe polymetallic deposit, and Weibao Pb-Zn deposit. In this area, the ore-forming activities of high temperature elements represented by W and Sn were related closely to Variscan and Caledonian magmatic intrusive activities, the ore-forming activities of mid-high temperature elements such as Cu, Pb, Zn and Mo were intimately related to Indo-Chinese acid-intermediate magmatic intrusive activities, the stratabound transformed Pb, Zn ore deposits were connected to the ore-bearing formation of fine clastic rocks-carbonate rocks of Langyashan Group, and the mineralization of Au was related to Yanshanian magmatism.

Key words: regional geochemical prospecting; parameter attribute; ore-prospecting effect; East Kunlun; Qimantag; Xinjiang

About the first author: JING Bao-sheng, male, born in 1969, senior engineer, long engages in the work of chemical prospecting and evaluation of geology and mineral resources; E-mail: 422260800@qq.com.