Contributions to Geology and Mineral Resources Research

 $doi: 10.\,6053/j.\,issn.\,1001-1412.\,2013.\,01.\,021$

青海省北祁连中段托勒山地区金锑等多金属矿 地球化学特征及其找矿前景

邝建中1,杨钻云1,2,林秦安3

(1.四川省冶金地质勘查局 606 大队,四川 郫县 611730;2.成都理工大学沉积学院,成都 610059;3.青海省核工业地质局,西宁 810008)

摘要: 青海省北祁连中段托勒山地区金锑多金属矿属北祁连中段托勒山成矿带。岩石地球化学 分析表明,岩石中金含量最高的为石英脉,其次是石英碳酸盐岩、二云石英片岩、玄武岩、橄榄岩、 硅质白云岩和糜棱岩等,且与破碎蚀变带关系密切,地层岩性和次级断裂构造对于 Au 及各元素的 富集(或成矿)起着重要作用;土壤地球化学测量共圈出土壤异常 6 个,各异常中 Au,Cu,As,Sb 元 素异常套合性较好,各元素曲线在具有矿化蚀变的硅质白云岩中峰值相对其他岩性较大,且 Au, As,Sb 元素具有较强的相关性。从地质角度来看,区域上金多金属矿化主要与地层、断裂构造和 侵入岩有关,而起决定作用的是火山活动及火山岩。测区充分具备这些条件的地区目前地表揭露 能有良好的成矿显示,这些成矿有利区域,尤其是深部岩体接触边界附近是成矿的重点和金、铜、 锑多金属矿前景突破的关键。

关键词: 金、锑多金属矿;地球化学异常;富集成矿;托勒山地区;青海省

中图分类号: P613;P618.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2013)01-0142-07

0 引言

北祁连造山带中段托勒山地区在成矿区带上属 北祁连加里东期成矿带托勒山一大坂山成矿亚带, 构造区属祁连山造山带北祁连早古生代中期缝合带 仰冲洋壳构造片岩带。托勒山主体为沿托勒山主脊 及北坡分布的由超基性和基性辉长岩、辉长辉绿岩, 中基性火山岩及变砂岩、板岩构成的蛇绿混杂岩,这 些混杂岩是覆于石炭系、二叠系之上的外来移置体。 北祁连地区经历了大陆裂解,板块俯冲、碰撞等造山 活动,其结果不仅带来了丰富的矿产资源,也使其作 为北祁连存在古板块体制的重要依据而备受关 注^[1]。本文通过区域、矿床、异常的评价解析及地表 工程验证,认为托勒山地区 Au,Sb,Cu 等多金属矿 的地球化学异常除受岩浆岩影响外,主要受构造破 碎带的控制和测区主要地层的影响。

1 区域地质概况

青海省北祁连中段托勒山地区大地构造位置处 于祁连加里东褶皱系北祁连加里东优地槽托勒山复 向斜轴部附近。褶皱带南北两侧分别以深大断裂与 中祁连隆起带、走廊南山南坡复背斜相接^[2]。区域 构造线呈 NW 向,具有多旋回性和继承性特点,褶 皱、断裂发育(图 1)。

研究区地层主要有古元古界上岩组(Pt₁b)、中寒 武统黑刺沟群($\in_2 hc$)、下奥陶统阴沟群(O₁yn)、上奥 陶统扣门子组(O₃k)、下石炭统臭牛沟组(C₁c)、上石 炭统羊虎沟群(C₂yn)、下二叠统大黄沟组(P₁dh)、上 二叠统窑沟组(P₂yg)、中下三叠统西大沟组 (T₁₋₂xd)、第三系白杨河组(N₁b)及第四系(Q)。岩石 岩性变化大,主要由中深变质片岩系、浅变质火山-沉 积岩系、深海相沉积的基性火山岩夹碎屑岩及碳酸盐

收稿日期: 2012-03-22; 改回日期: 2013-01-23; 责任编辑: 赵庆

作者简介: 邝建中(1969-),男,工程师,1991年毕业于长沙有色金属专科学校,主要从事构造与成矿、勘查地球化学、成矿规律与成矿预测方面的研究。通信地址:四川省郫县郫筒镇一里东街 249号,冶金科研基地;邮政编码:611730;E-mail:kjz100@126.com



图1 矿区区域地质图

Fig. 1 The regional geologic map of mining area 1. 全新统砂砾石层; 2. 上更新统砂土砾石层; 3. 上二叠统窑沟组; 4. 上石炭统羊虎沟群; 5. 下石炭统臭牛沟组; 6. 上奧陶统扣门子组; 7. 下奧陶统阴沟群上岩组; 8. 下奥统阴沟群中岩组; 9. 下奧陶统阴沟群下岩组; 10. 中寒武统黑刺沟群; 11. 古元古界上岩组; 12. 斜辉辉橄岩; 13. 辉长岩、辉绿辉长岩; 14. 橄榄岩、斜辉辉橄岩; 15. 粗粒花岗岩; 16. 中细粒钾长花岗岩; 17. 闪长岩; 18. 角度不整合; 19. 逆断层; 20. 平移断层; 21. Ni 元素异常; 22. Au 元素异常; 23. Co 元素异常; 24. Cr 元素异常

岩、紫红色陆相碎屑沉积岩系等组 成。

区内岩浆活动频繁,侵入岩、 喷出岩及脉岩均有分布。侵入岩 比较发育,超基性岩、基性岩、中性 岩、酸性岩均有,侵入时期以加里 东期为主。火山岩属托勒山奥陶 纪火山喷发带,呈 NW-SE 向分布 于测区中部托勒山脊南坡的狭窄 地带,沿走向呈串珠状分布,由于 在陇孔沟--热水达坂、铁目勒沟--小水沟一带火山活动较强裂,主要 为玄武岩,并经过区域浅变质作 用,其成因环境属岛弧火山岩区。 脉岩较为发育,展布方向受构造控 制,多与区域构造线向一致,呈 NW-SE 向,以辉绿玢岩脉、花岗岩 脉、石英脉为主,少量超基性岩脉、 辉绿岩墙等^[3]。

2 区域地球化学特征

研究区属高寒山区,随海拨高 度和地貌形态的变化而具有明显 的垂直分带性,表现为:海拔4600 m以上为现代冰川覆盖;海拨 4000~4600 m之间基本无植被, 成壤作用极差,主要为残坡积层,1 :50000水系沉积物异常均出现 在4000 m以上至山脊部位;4000 m以下地势平缓,沟谷开阔,成壤

表 1 玉石沟 AS1 异常参数表 Table 1 Parameters of anomly ASI in Yushigou Au-Sb polymetallic deposit

元素	点数	下限	峰值	平均值	面积/km ²	衬度	规模	浓度分带
Au	13	2.7	51	9.3	>54	3.5	189	外中内
As	14	23	142	81.1	88	3.5	308	外中内
Sb	14	1.71	5.7	4.8	63	2.8	176.4	外中内
Hg	17	30	352	86.8	72	2.9	208.8	外中内
W	1	2.27	3.4	3.4	4	1.5	6	
Zn	2	96	172.6	135	6	1.4	8.4	
Bi	2	0.35	0.64	0.6	8	1.7	13.6	
Ag	2	85.5	86	85.5	6	1	6	

数据来源:据曹德智(2004);量的单位:w(Au,Ag)/10⁻⁹,w_B/10⁻⁶。

2013 年





条件相对较好,土壤层较为发育。1985—1986年, 青海省物勘院在"J-47-(16)野牛台幅"及"J-47-(17) 祁连幅"进行1:200 000 区域化探扫面时,圈定了 以Au为主的综合异常(异常向西未封闭),异常编 号为AS1(图2),异常参数特征见表1。2000年,青 海省地质调查院在"J-47-(16)野牛台幅"西侧相邻 的"J-47-(15)瓦屋斯·多索卡幅"开展水系扫面时, 在双岔沟地区圈有编号为AS²/₄(Cr,Cu,Ni,Co, Au)异常(图3)。该异常以Cr为主,叠加有Au, Cu,异常出露面积大,约140 km²,走向NW。Au异 常出露在玉石沟一双岔沟南侧山脊一带,经初步查 证,发现金矿化石英碳酸岩蚀变与侵入岩体及断裂 关系密切。Cu异常面积较大,峰值109.7×10⁻⁶, 具明显浓集中心,局部见铜矿化转石(表2)。

1996年,青海省物勘院在龙孔大坂一双岔沟一 带进行了1:50000水系沉积物测量,在双岔沟东、 西沟沟脑一带圈出以Au元素为主的2个综合异常 AS14-2和AS14-3(图4)。AS14-2异常位于双岔沟 西沟中游一带,Au元素异常面积达4.2km²,峰值 28.1×10⁻⁹,平均值11.89×10⁻⁹,且浓集中心明 显,强度高,内、中、外三带齐全;AS14-3异常位于双 岔沟沟脑,近EW向展布于山脊上,Au元素异常面 积达7.35km²,峰值1300×10⁻⁹,平均值63.9× 10^{-9} ,浓集中心明显,有清晰的内、中、外带,As,Sb 异常包容整个Au,Cu异常且浓集中心吻合(表3)。

元素	Cr	Cu	Ni	Со	Au	As	Hg	Sb
下限	80	35	40	20	2	25	20	1.5
平均值	898	52.62	478	56.41	3.62	54.9	48.82	2.51
峰值	4083	109.7	1552	187	6.4	197	104	4.7
衬度	11.22	1.5	11.95	2.82	1.81	2.2	2.44	1.67
面积/km ²	120	136	100	96	36	108	68	80
规模	1347	204.5	1195	270.8	65.2	237	166	133.6
浓度分带	外中内							

表 2 AS²²₄₁ (Cr,Cu,Ni,Co,Au) 异常特征表 Table 2 Characteristics of anomly AS²⁸_{A1}

数据来源:据曹德智(2004);量的单位: $w(Au, Ag)/10^{-9}, w_B/10^{-6}$ 。

表 3 玉石沟 AS14-2, AS14-3 异常特征

Table 3 Characteristics of anomly AS14-2, AS14-3 in Yushigou area										
异常编号	元素	点数	下限	峰值	平均值	面积/km ²	衬度	规模	浓度分带	备注
AS14-3	Au	28	6	>300	63.9	7.35	10.65	78.28		
	Cu	13	30	120	44.3	2.6	1.48	3.84	外、中、内	
	As	86	20	288	80.07	2.6	4.00	10.41		
	Sb	71	2.5	57.8	8.96	17.3	2.24	61.93		
AS14-2	Au	13	6	28.1	11.89	4.2	1.98	8.32		
	As	68	20	268	91.39	25	4.57	114.24	外、中、内	无铜异常
	Sb	69	2.5	27	6.01	26	2.4	62.5		

数据来源:据曹德智(2004);量的单位: $w_B/10^{-6}$,其中 $w(Au)/10^{-9}$ 。



第28卷 第1期

图 3 双岔沟 AS²⁸1Cr,Co 异常剖面图

Fig. 3 Cr, Co anomaly profile in Shuangchagou area



图 4 水系沉积物测量 AS14-2 异常剖面图 Fig. 4 Profile of river sediment anomly AS14-2

1:50 000 水系沉积物测量工作使跨图幅的玉 石沟异常得以完整显现,明确了玉石沟异常的重心 在"J-47-(15)瓦屋斯·多索卡幅",而"野牛台幅"中 所占异常比例很小。从1:200 000 区域化探扫面 异常参数表(表1)可以看出,Cr,Ni,Co等元素较好 地反映了本区存在玉石沟铬铁矿 床这一成矿事实。

3 研究区地球化学特征

3.1 岩石地球化学特征

通过对研究区主要岩性的岩 石样品各元素含量的初步统计结 果(表 4),岩石中 Au 含量最高的 岩性为石英脉,其次是石英碳酸 盐岩、二云石英片岩、玄武岩、橄 榄岩、硅质白云岩和糜棱岩等。

不同地质体中 Au, Cu, Sb 元 素具有一定的相关性, 尤其在剖 面上(图 5)相同地质体中各元素 曲线的峰值比较清晰^[4]。如石英 脉体中 $w(Au) = 112.4 \times 10^{-9}, w$ (Cu) = 2 500 × 10⁻⁶, w(Sb) > 200×10⁻⁶。统计情况反映出各元素 在石英脉体、破碎蚀变带中相对 有较强的富集程度。由此认为, 地层岩性和次级断裂构造对于 Au 及各元素的富集(或成矿)起 着重要作用。

3.2 土壤地球化学特征

1999年,青海省地质二队对 AS14-3异常开展了1:10000± 壤测量,共圈出土壤异常6个,异 常重现性好,各元素套合紧密。 由北往南、自西向东6个土壤异 常依次为AP1,AP2,AP3,AP4, AP5,AP6,各异常中Au,Cu,As, Sb的元素组合比较明显(表5,图 6)。其中,以Au元素的异常范围 及强度较大,异常形态较规整,具 有明显的分带性和浓集中心,连 续性和渐变性也较好;而Cu,Sb 元素异常反映较弱,浓集中心不

明显;As元素异常反映较强,具明显的浓集中心和浓度分带,连续性和渐变性也较好。各异常中Au,Cu,As,Sb元素异常套合性较好。

另外,对AS14-2和AS14-3异常区未曾做土壤 测量的地段,此次采用1:5000土壤地球化学剖面

表 4 金异常区各类岩性岩石样品元素含	·量统计
---------------------	------

Table 4 Ore element statistics of each lithdogy in Au anomly area

出版	地层代号	样品个数	$w(\mathrm{Au})/10^{-9}$			$w(Cu)/10^{-6}$			$w(Sb)/10^{-6}$		
石住			最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
硅质白云岩	$O_1 yn$	154	154.1	0.7	5.12	1150	3	26.26	>200	0.75	25.05
石英碳酸岩	Pt_1b	5	215.3	3.2	109.3	405	13.7	209.3	>200	8.5	104.2
玄武岩	$O_1 yn$	11	50.60	1.1	13.93	105	42.5	72.06	176	1.5	36.35
石英脉		1			112.4			>2500			>200
石英钠长片岩	$\operatorname{Pt}_1 b$	5	134	3.2	39.58	385	70	142.9	>200	52.1	107.5
糜棱岩	$\operatorname{Pt}_1 b$	3	1.3	0.9	1.07	104	41	64.5	18.2	6.8	13.4
橄揽岩		3	15.3	1.5	6.3	88.9	14.7	62.93	12.2	1.1	5.03

数据来源:据曹德智(2004)。

Cul150 >2001 w(Sb,Cu)/10⁻⁶ w(Au)/10⁻⁶ 200720 160-16 120 - 1280 8 40 . 4 0 Y40 $\mathbf{V}1$ Y16 Y26 Y31 Y36 Y6 Y11 Y21 20° Y21 Y16 4600 Y11 ¥6 Y26 4580 Y31 190 4560 ¥36 Y40 4540 10 Y.6 $\underbrace{\|\frac{s_i}{s_i}\|_{Si}}_{Si} 1 \underbrace{\|\frac{s_i}{s_i}\|_{2}}_{==:} 3 \bigwedge 4 \bigvee 5 \bigotimes 6 \bigvee 7$ 8



Fig. 5 Rock geochemical profile YP2 in Yushigou area 1. 硅质白云岩; 2. 条带状硅质白云岩; 3. 二云石英片岩; 4. 片理化纯橄岩; 5. 石英脉; 6. 硅化/绿帘石化; 7. 褐铁矿化/蛇纹石化; 8. Au 曲线; 9. Cu 曲线; 10. Sb 曲线; 11. 取样位置及编号; 12. 产状

进行了初步控制。从土壤地球化学剖面图(图 6)可 见,硅质白云岩上覆地段的 Au, Cu, As, Sb 元素曲 线的峰值相对于相邻其他岩性地段明显高,且与矿 化蚀变非常吻合。如图 6 中 Cu 元素峰值最高> 200×10⁻⁶,与下伏矿化蚀变位置基本吻合。各元素 曲线在具有矿化蚀变的硅质白云岩中峰值相对其他 Table 5 The characteristic parameter of soil geochemical anomaly

岩性比较大,且多表现出 Au, As, Sb 较 强的相关性。As 元素曲线的变化最明 显,其次是Sb,Cu,Au元素。

3.3 异常的解释评价

AS14-3 水系异常中的 AP4, AP6 两个异常是本区主要土壤异常,其浓度 分带与浓集中心都很明显,连续性和渐 变性也都较好,尤其 AP4 金异常的衬 度值与异常规模为所有异常中最高。 这两个异常沿本区的主要破碎蚀变带 展布,分布于下奥陶统阴沟群上岩组玄 武岩、硅质白云岩或超基性岩体中,二 者呈断层或侵入接触关系。

AP4 异常的东浓集中心经前人异 常查证,已圈定1处矿化体,w(Au) = $0.1 \times 10^{-6} \sim 0.96 \times 10^{-6}$;其西侧的浓 集部位经本次工作发现1条含金石英 脉,w(Au)=2.08×10⁻⁶,但规模偏小。

AP6 异常呈条带状沿 Ⅱ号蚀变带 展布,经数条岩石剖面的控制和解剖, 其中未见到明显矿化地段。

另外,AP1,AP2,AP3,AP5 土壤异 常规模偏小,衬度低,浓集中心也不明 显。由于第四系覆盖、现代冰川及永久 性冻土层等因素的干扰,地表工程的揭 露及岩石剖面的效果均比较差。由此 认为,下奥陶统阴沟群上岩组的主矿元

素具有较高的背景值,而后期构造作用促进了有用 元素在破碎蚀变带及裂隙带中的迁移、富集,岩层中 的矿化蚀变和构造破碎带为引起异常的主要地质 体。

表 5 AS14-3 土壤异常特征参数表

异常 编号	组合 元素	最高	平均	浓度分带 浓集中心	连续性及 渐变性	异常 下限	异常面积/ km ²	异常衬 度值	异常 规模
	Au	250	107.87	ᄪᄇ	较好	25	0.04	4.31	0.17
AP1	As	3960	1232.6	明並		500			
	Sb	98	33.06	未见	不好	25			
	Au	>300	87.36	明显	较好	25	0.09	3.49	0.31
A P2	Cu	322	135.25	不明显	不好	100			
AI 2	As	3960	1232.6	明显	较好	500			
	Sb	98	33.08	不明显	不好	25			
AP3	Au	170	69.87	明显	较好	25	0.06	2.79	0.17
	Cu	139	125.5	不明目	不好	100			
	Sb	110	45.33	小明亚		25			
	Au	>300	119.63	明显	较好	25	0.31	4.78	1.48
A D 4	Cu	182	130.98	不明显	不好	100			
ALL4	As	1460	880.90	HH EI	较好	500			
	Sb	564	50.46	明亚		25			
	Au	156	123.75	明显	较好	25	0.01	4.95	0.05
A DE	Cu	208	117.35	不明目	不好	100			
AF5	As	5200	3033	小明亚		500			
	Sb	141	54.16	明显	较好	25			
	Au	>300	104.74	明显	较好	25	0.07	4.19	0.29
A DC	Cu	118	103.22			100			
AL0	As	6060	1941.3	不明显	不好	500			
	Sb	83.1	36.52			25			

数据来源:青海省祁连县玉石沟地区金异常Ⅱ级查证报告;量的单位:w_B/10⁻⁶,w(Au)/10⁻⁹。





Fig. 6 Soil geochemical profile TP8 in Yushigou area
1. 残坡积层; 2. 强蚀变灰岩; 3. 蛇纹石化橄榄岩; 4. 辉长岩; 5. 断层破碎带; 6. 硅化/绿帘石化; 7. 褐铁矿化/蛇纹石化孔雀石化; 8. 绿泥石/孔雀石化; 9. 逆断层;
10. Au 曲线; 11. Cu 曲线; 12. As 曲线; 13. Sb 曲线; 14. 取样位置及编号; 15. 产状

3.4 找矿前景分析

3.4.1 主要成矿地质条件

和区域对比,测区金多金属矿化 的矿种以金和锑为主,其矿化范围限 于接触破碎蚀变带和断裂破碎带,与 该区地层、侵入岩和断裂构造密切相 关。

首先,该区处于托勒山奥陶纪火 山岩地层区,该地层是区域重要的金 铜多金属矿含矿岩系。研究区也以该 套地层为主,其岩性以变玄武岩为主, 次为碎屑岩,间有大理岩和灰岩夹层, 有利于火山活动后期热液活动和物质 交换从而经过交代、充填成矿,因此是 本区金多金属成矿的主要"矿源 层"^[5]。

其次,该区 NWW 向断裂构造极 其发育,为矿质的运移和矿液沉淀富 集提供通道和场所。尤其是该区 F₃ 和 F₄ 断裂,不仅是主要的导矿构造, 其旁侧的小规模断层和裂隙也是赋矿 的主要场所。

研究区广泛分布的超基性岩浆岩 也是金锑矿化必不可少的成矿条件之一,其与火山 岩地层的接触破碎带是该区矿化的主要地质体之

147

3.4.2 找矿前景分析

(1) 从水系沉积物异常角度来看,测区1: 50 000水系异常的AS14-3 异常经过两次查证,工作 程度相对较高,主要的含矿有利地段均有剖面、槽探 控制,金矿找矿突破的希望很大,且Sb元素异常非 常显著并经过土壤剖面和岩石剖面解剖,Sb高含量 段也非常明显,因此寻找锑矿产的希望亦较大。如 AS14-2 异常土壤剖面中出现几个 w(Sb)>200× 10⁻⁶的地段,其锑矿化情况应该引起足够重视。

(2)从土壤异常角度来看,AP4,AP5 异常作为 1999年和本次工作的主要目标异常,地表工作相对 较细,槽探工程密度相对较大,金的地表矿化面积 广、蚀变弱,多数金品位为1×10⁻⁶左右,仅有1条 石英脉金品位达2.08×10⁻⁶;该区 Sb 异常下限达 到25×10⁻⁶,土壤异常 AP4 的 Sb 异常浓集中心内 的 YP2 剖面显示出异常西段硅化白云岩内 Sb 含量 明显偏高,说明寻找锑矿体是较有希望的。 (3)区域上金多金属矿化主要与地层、断裂构造 和侵入岩有关,而起决定作用的是火山活动和火山 岩。但测区充分具备这些条件的地区目前地表揭露 能有良好的成矿显示,这些成矿有利区段,尤其是深 部岩体接触边界附近是成矿的重点部位和金、铜、锑 等多金属矿找矿突破的关键。

参考文献:

- [1] 许荣科,柴世泽,梁积伟,等. 青海省祁连县大红沟蛇绿混杂岩 特征及形成机制[J]. 华南地质与矿产,2001(4):28-35.
- [2] 张以茀.对青海省地质构造若干基本特征的认识[C]//青藏高 原地质文集:1.北京:地质出版社,1982:17-27.
- [3] 窦全成. 青海省祁连县玉石沟地区金铜矿普查地质报告[R]. 西宁:青海省地质调查院,2004.
- [4] 刘英俊,邱德同. 勘查地球化学[M]. 北京:科学出版社,1987: 77-120.
- [5] 李红阳,杨秋荣,李英杰.现代成矿理论[M].北京:地震出版 社,2006:3-10.

Geochemical characteristics of Au-Sb poly-metallic ore deposits in Tuoleshan area at middle of the North Qilianshan Mountains and the ore potential

KUANG Jianzhong¹, YANG Zuanyun^{1,2}, LIN Qinan³

(1. The 606 Team of Sichuan Metallurgy Geology Exploration Bureau, Pixian 611730, Sichuan, China;
2. Institute of Chengdu University of Technology Sedimentary, Chengdu 610059, China;
3. Qinghai Nucleus Industrial Geology Bureau, Xining 810008, China)

Abstract: At middle of the North Qilianshan Mountains there is the Tuoleshan ore belt in which Au-Sb poly-metallic ore deposits occur. Petrochemistry shows that gold is highest in quartz vein, then quartz-carbonate rock, biotite-muscovite quartz schist, basalt, peridotite, siliceous dolomite and myllonite etc. Concentration of gold is closely related to altered cataclastic rock zone. Lithology and sub-fractures play important role in enrichment of Au and ore elements. Soil geochemical survey shows 6 anomlies and Au, Cu, As, Sb element anomlies are well coincided. Peak value of each elements of altered, mineralized siliceous dolomite is higher than other lithologies and Au, As, Sb highly correlated. Geologically, the regional poly-metallic mineralization is related to strata and fractures and volcanism and volcanic rocks play important role in mineralization. In the survey area some localities, especially contact zone of deep intrusive bodies are the key of metallogeny and prospecting breakthrough.

Key Words: Au-Sb poly-metallic ore deposit; geochemical anomaly; enrichment to ore; Tuoleshan area; Qinghai province