

滩间山地区青龙沟金矿床成矿条件及模式

呼格吉勒¹, 马国栋^{1,2}, 邓元良¹, 周鹏¹, 杜生鹏¹

(1. 青海省第一地质矿产勘查院, 青海 海东 810600;

2. 青海省地质调查局, 青海 西宁 810000)

摘要: 青龙沟金矿床位于柴达木盆地北缘赛什腾山-阿尔茨托山造山亚带, 是青海省柴北缘成矿带最具找矿潜力的矿床。分析和研究滩间山地区青龙沟金矿床成矿条件及模式, 对于在该区进行进一步找矿工作和寻找构造热液蚀变型矿床具有重要的指导和借鉴意义。为研究青龙沟金矿床成矿条件及模式, 笔者首先收集了青龙沟金矿床大地构造背景、地层、构造、岩浆岩等方面的资料, 对青龙沟金矿床特征分别进行了描述; 然后从地层、岩浆岩、构造等3个方面对成矿条件进行了系统的分析和总结, 认为青龙沟金矿床具有沉积变质变形, 岩浆热液成矿作用的先后富集、叠加等特点, 其成因应属岩浆期后热液型和构造蚀变岩型金矿床。其成矿模式经历了: ①早期黑色含金岩系沉积期。②金元素初步富集期。③金矿化富集期。④金矿化叠加富集期。该研究对于该区进一步深部找矿工作和寻找构造热液蚀变型矿床具有借鉴意义, 有一定的参考价值。

关键词: 青龙沟; 金矿床; 构造热液蚀变型; 成矿条件; 成矿模式

中图分类号: P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2018)03-0155-06

Metallogenic Conditions and Modes of the Qinglongou Gold Deposit in Tanjianshan Area, Qinghai

HUGE Jile¹, MA Guodong^{1,2}, DEN Yuanliang¹, ZHOU Peng¹, DU Shengpeng¹

(1. The First Institute of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province, Haidong 810600, Qinghai, China;

2. Qinghai Geological Survey, Xining 810000, Qinghai, China)

Abstract: The Qinglonggou gold deposit is located in Saisitengshan-Aerzituoshan orogenic subzone of North Qaidam, which has most prospecting potential in the North Qaidam metallogenic belt of Qinghai Province. The ore-forming condition and the model of this gold deposit have been analyzed and studied in this paper, which has important guidance and reference significance for prospecting the structural-hydrothermal alteration type deposits and other further ore-prospecting works in this area. In this paper, the geotectonic background, regional strata, lithology, structure, magmatic rocks and other information about the Qinglonggou gold deposit have been collected, and then the geological characteristics of this deposit have been described. Finally, from the aspects of strata, magmatic rocks and tectonic, the metallogenic conditions of this deposit have been systematically analyzed and summarized. The results show that this deposit has experienced the sedimentary metamorphic deformation, showing the enrichment and superposition characteristics of magmatic hydrothermal mineralization. Thus, this deposit belongs to postmag-

收稿日期: 2017-12-5; 修回日期: 2018-02-18

基金项目: 青海省基金项目“青海省滩间山地区金矿整装勘查区找矿部署研究”(2016020013ky013)

作者简介: 呼格吉勒(1984-), 男, 工程师, 主要从事野外地质找矿工作。E-mail: 1106118148@qq.com

matic hydrothermal type and tectonic altered rock type gold deposit. The ore-forming process was experienced three periods, that is ① sedimentary period of black gold-bearing rock series in early stage, ② initial enrichment period of gold element, ③ enrichment period of gold mineralization and ④ superimposed enrichment period of gold mineralization. This study has a reference value for further ore-prospecting works and prospecting the structural-hydrothermal alteration type deposits and other in this area.

Keywords: Qinglonggou; gold deposit; structural-hydrothermal alteration type; metallogenic conditions; mineralization model

随着“柴达木盆地北缘金多金属成矿带”岩金勘查力度的不断加大,20 世纪末地质工作者们相继发现了“滩间山”“青龙沟”“红柳沟”等系列大、中、小型岩金矿床和一批金矿点、矿化点、矿化线索。各矿床转入开发利用后产生了十分显著的经济效益,为推动地方经济发展和社会进步发挥了较好的作用。其中,青龙沟金矿床以主矿体规模大、品位高、形态简单而位列成矿带最具经济利用价值的岩金矿床。

1 矿区地质特征

矿区地处柴达木盆地北缘,大地构造位置隶属秦祁昆晚加里东造山系(I_1)东昆仑造山带(I_2)赛什腾山-阿尔茨托山造山亚带(I_2^2),北接欧龙布鲁克-乌兰元古宙古陆块体(I_1^1),南邻柴达木晚中生代-新生代断拗盆地(I_2^5)(图 1)。

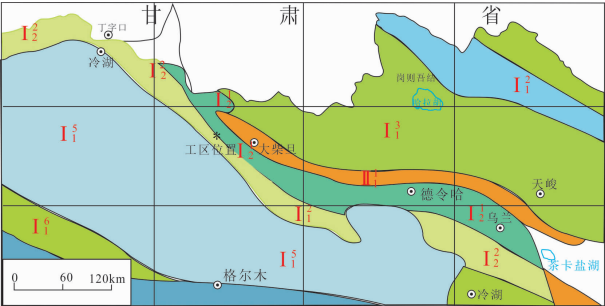


图 1 柴达木北缘地区地质背景

Fig. 1 Geological background in the northern margin of Qaidam

1.1 地层

普查区内出露地层主要为中元古代万洞沟群,代表性岩石为中-厚层状硅化白云石大理岩夹碳质绢云千枚岩和顶部薄层状含碳硅化白云石大理岩(局部夹碳质绢云千枚岩)组成。次为零星出露的奥陶-志留纪滩间山群一套低级变质的火山岩、火山

碎屑岩、海相沉积碎屑岩及碳酸盐岩。

1.2 构造

构造方面因地处柴北缘赛什腾山-阿尔茨托山地槽褶皱带,早古生代经历了强烈的拉张,断裂深切地幔,并形成了北西向的地堑式裂陷带,加里东晚期裂陷槽闭合,地层褶皱造山,形成一系列的北西向褶皱及压扭性逆冲断层。其对区内地层、岩浆活动、变质作用及矿产分布有着明显的控制作用。

纵观全区构造,断裂和褶皱均较为发育。普查区内褶皱构造主要为青龙沟复式向斜构造,该构造核部的次级背斜构造控制了青龙沟矿床的分布。

1.3 岩浆岩

岩浆活动频繁,超基性-酸性侵入岩均有出露。侵入岩主要为加里东期辉长岩,局部可见辉橄岩、闪长岩;次为华力西期更长环斑花岗岩、斜长花岗斑岩;喷出岩广泛分布于测区西侧,为一套中酸性火山碎屑岩和熔岩,组成了滩间山群(OSt^b)岩组。

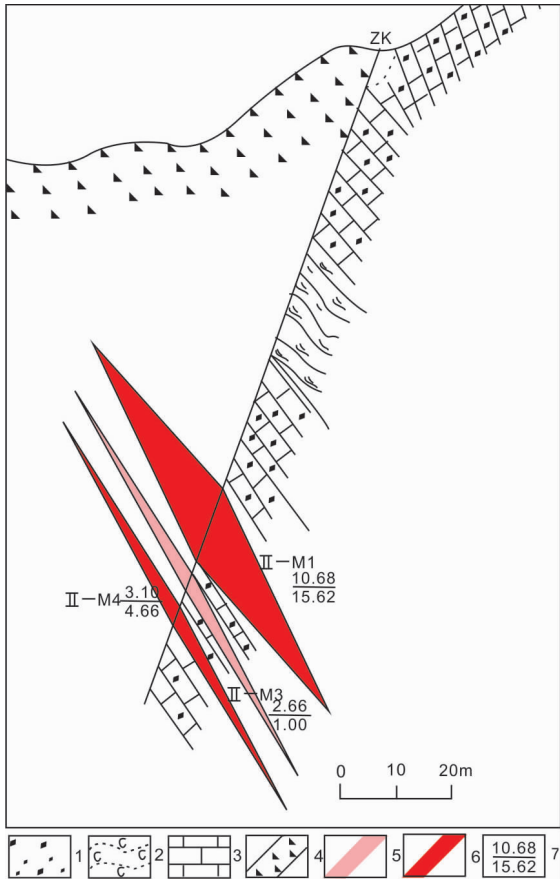
2 矿床特征

2.1 矿体特征

青龙沟金矿床位于大柴旦镇北西约 90 km 处,区内矿化带分布于青龙沟复式向斜构造核部的次级背斜的北东翼,并严格受次级背斜构造控制。带内矿体主要产于次级背斜构造北东翼硅化白云石大理岩与碳质绢云千枚岩内接触带部位。矿化带长大于 2 km,宽 50~150 m,总体走向 336° ,倾角 $60^\circ\sim 80^\circ$,带内岩石为薄层状含碳硅化白云石大理岩、斑点状碳质绢云千枚岩、含碳白云母片岩、蚀变石英闪长玢岩、蚀变辉长岩等。岩石普遍遭受变形变质,发生密集片理化、揉皱、糜棱岩化等作用,地表大多数地段岩石褪色明显。从围岩至矿体,蚀变分带表现出:绿泥石化、绿帘石化→碳酸盐化→绢云母化→白云母

化、硅化、黄铁矿化等逐渐变化的蚀变特征。带内共圈定出了多条金矿体。

矿体受层间破碎蚀变带的控制明显, 平行密集分布, 呈北西向展布, 矿体矿化岩性主要为硅化白云石大理岩, 蚀变闪长玢岩偶见, 夹于矿体内的碳质绢云千糜岩具金矿化, 矿体与围岩呈渐变过渡, 矿体呈似层状, 矿体地表出露长度约 280 m, 走向约 336°, 倾向南西, 倾角 50°~75°, 大多在 75°左右, 矿体向深部品位有变富的趋势, 矿体深部控制长度约 700 m。矿体产状从地表到深部变化很大, 倾向由南西向偏转为北东向, 倾角由陡变缓, 深部为 70°, 矿体平均厚度为 5.69 m, 厚度变化系数为 34.05%, 平均品位为 8.18×10^{-6} , 品位变化系数为 105.23%, 矿化部位岩石具白云母化、强硅化、绢云母化、强黄铁矿化、褐铁矿化等。蚀变和密集片理化越强者, 其金品位越高(图 2)。



1. 第四系人工堆积物; 2. 碳质绢云千枚岩; 3. 白云石大理岩; 4. 构造角砾岩; 5. 低品位金矿体位置及编号; 6. 工业品位金矿体位置及编号; 7. 矿体厚度矿体品位

图 2 青龙沟 II-M1、M3、M4 矿体

Fig. 2 Qinglong Gou II-M1, M3, M4 orebodies

2.2 矿石质量

矿石矿物成分: 青龙沟矿床赋矿岩性为硅化白云石大理岩, 局部为闪长玢岩, 矿物成分见表 1。

由表 1 可知, 区内矿石矿物成分较为简单, 主要矿石类型白云石大理岩中的贵金属为自然金, 一般金属矿物主要为黄铁矿, 次为褐铁矿、毒砂(原生矿石); 非金属矿物主要为白云石、白云母, 次为绢云母、石英、碳质等。矿物特征如下。

自然金: 亮金黄色, 高反射率, 低硬度, 均质。呈现微粒状、微细粒状、细小叶片状, 粒径为 0.005 8~0.03 mm。在前人所做矿石光片中见最大一粒为 0.029 4 mm×0.147 mm, 呈星点浸染状不均匀分布于碳酸盐矿物中, 常几粒集中一处分布。

黄铁矿: 矿石中的主要金属硫化物, 由镜下观察可知, 黄铁矿是矿石中主要的载金矿物之一。为浅黄色, 高反射率, 高硬度, 均质。呈他形-半自形-自形粒状、细小针点状或不规则状, 以他形针点状为主,

表 1 青龙沟金矿床矿石矿物成分表(%)
Tab. 1 Mineral composition table of Qinglong gully gold deposit(%)

矿物名称	矿物	硅化白云石大理岩型氧化金矿石	蚀变石英闪长玢岩型氧化金矿石	石英脉型氧化金矿石
贵金属	自然金	数粒		偶见
	黄铁矿	微量	偶见—5	<1
	褐铁矿	微量—1		
	磁铁矿		< 1	
金属矿物	黄钾铁矾		1—2	少
	钛铁矿		微量	
	方铅矿			
	黄铜矿			微量
	其他	原生矿石中见毒砂		方铅矿、铜蓝
	石英	20~30	<40	80~90
	绢云母	5		5
	白云母	1~6	<50	
非金属矿物	斜长石		60~65	
	钾长石			<15
	碳质	10		
	白云石	64~75		
	其他	磷灰石、楣石	磷灰石少量	磷灰石、锆石少量

针点状者粒径小于 0.01 mm,其他粒径一般为 0.01~0.15 mm。自形程度较高者晶形多呈立方体或五角十二面体,以立方体为主。呈星点浸染状不均匀分布于碳酸盐、石英矿物颗粒中或其粒间。常相对集中呈断续线纹状集合体大致定向排列,少数沿脉石矿物裂隙分布。

2.3 矿石结构、构造

矿石结构主要为粒状结构(图 3)、填隙结构、包含结构、骸晶结构、交代结构。矿石构造为稀疏浸染状构造、脉状构造、团块状构造、片理化构造(图 4)、环斑状构造、揉皱状构造(图 5)。

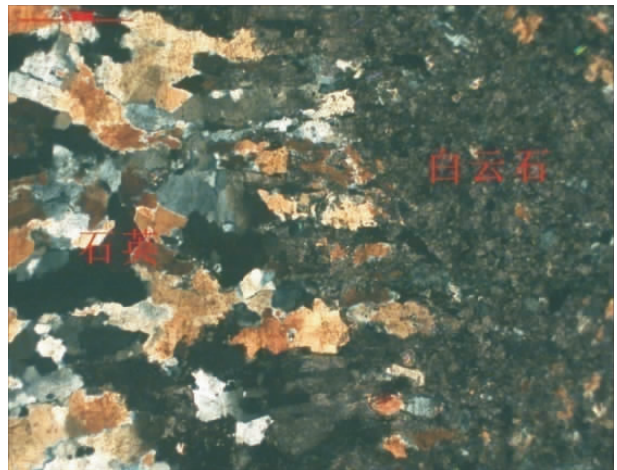


图 3 石英交代白云石大理岩:微粒状变晶结构图
Fig. 3 Quartz metasomatism in dolomite marble: granular crystalline structure

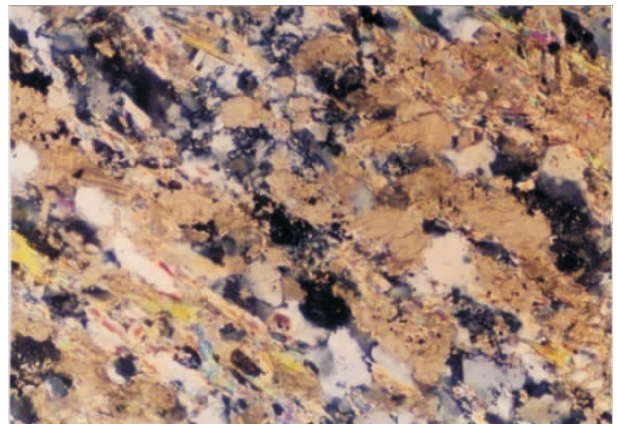


图 4 片理化绢云母、硅化白云石大理岩:片理化构造图
Fig. 4 Schistose sericite, silicified dolomite marble: foliated structure

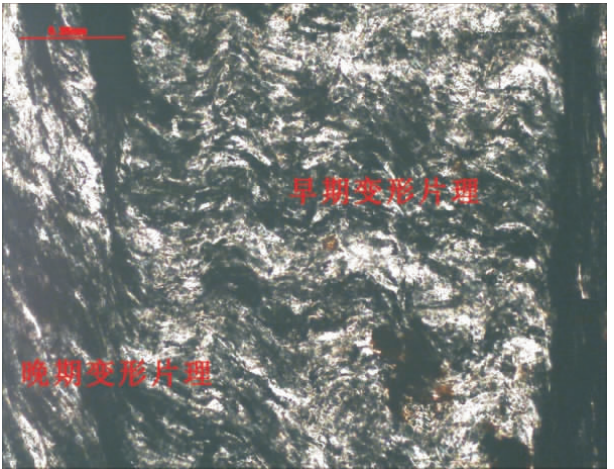


图 5 碳质绢云千枚岩:两期近于垂直的变形片理图
Fig. 5 Carbonaceous sericite phyllite: two vertical deformation schistosity

2.4 金的赋存状态

金矿物的产出有 3 种,其中最主要的是含银自然金,其次为自然金,微量金银矿。自然金(包含含银自然金及金银矿)呈不规则粒状、近等轴粒状、板条状、片状等,偶见四六面体自形晶。在矿石光片中见其产出于黄铁矿的裂隙中、黄铁矿与脉石的粒间间隙中及包裹于黄铁矿或石英中。

矿石中自然金的嵌布形式可分为裂隙间隙金和包裹体金两大类,其中以裂隙间隙金为主,自然金呈不规则粒状、粒状及微细脉状等分布于黄铁矿裂隙及黄铁矿与脉石矿物粒间,这种嵌布形式的自然金占 76.89%,其中最主要的形式为黄铁矿中裂隙金。包裹体金呈不规则粒状、粒状包裹于黄铁矿中,这种形式占 14.02%;或包裹于石英中,这种嵌布形式占 9.09%。

3 成矿条件分析

3.1 地层

区内岩金赋存于中元古代万洞沟群,滩间山地区中元古代万洞沟群为一套来源于同生热水沉积的黑色沉积岩系,主矿体产于热水沉积中心,通过矿床原生晕研究确定,该套地层中大面积的 Au、As、S 元素的高背景分布区是与同生热水沉积作用而形成的初步富集有关。

(1)万洞沟群形成于受基底断裂控制的断陷盆地中,沿同生断裂上升的热液流体使金、砷、硫等成矿元素在沉积阶段就获得初步富集形成金的矿源层。

(2)该套地层中普遍富含有机碳和黄铁矿,由于有机碳的吸附障效应和还原障效应,使流体中的金沉淀富集,黄铁矿同样是金沉淀的还原障,其在同生沉积阶段都可导致金的再次富集,矿石人工重砂中的碳质岩系含 Au 为 40×10^{-6} ,黄铁矿中含 Au 也都在 10×10^{-6} ,表明其是富金的最主要载体。

(3)在构造应力作用的影响下形成的糜棱岩带和片理化带,由于叶理或片理的屏蔽作用及还原障、吸附障的存在,使矿质不易分散而富集成矿。

3.2 构造

区内构造复杂,断裂发育,尤其是区域性的深大断裂,规模大、延伸远,是岩浆活动和流体循环的通道。矿区的控矿构造为次级背斜和向斜翼部的构造破碎蚀变带、层间剥离带,它们为含矿溶液的流通创造了条件,含矿溶液顺其流动时,向周围围岩渗透,在有利的构造部位沉淀和叠加富集。矿区构造控矿形式表现为褶皱-断裂复合控矿,矿区内北东方向的一组断裂破碎带与北西向的层间破碎蚀变带交叉复合部位,使矿体变厚、品位变富,展示了构造尤其是构造复合控矿的特征。另外,区域性的北西向韧性剪切带也从矿区通过,韧性剪切带对金矿化的富集起到了积极作用,褶皱和断裂构造形成的扩容空间是成矿的有利部位,也是矿体定位的有利场所。总之构造对成矿的控制作用可表示为,区域性大型韧性剪切带构造使矿源层金元素活化运移,得以富集,而叠加在韧性剪切带构造之上的褶皱和断裂构造为含矿流体提供了运移通道和沉淀场所。

3.3 岩浆活动

区内岩浆岩发育,主要为华力西期中酸性侵入岩,区内侵入岩指示元素的特征值(表 2)表明,华力西期侵入岩普遍具较高的金含量。长安大学有关人员(1994)通过对滩间山金矿体分布的斜长花岗斑岩、闪长玢岩的岩石化学特征及构造环境的研究发现,区内成矿过程中确实有与深源岩浆有关的矿质和流体参与了成矿,表明岩浆侵入活动不仅为成矿作用提供了热源,使围岩中的金等成矿元素活化、迁移、富集,而且还提供了金在内的部分矿质叠加在前期成矿阶段之上,是一次重要的矿化富集期。

3.4 变质作用与成矿

青龙沟金矿床地层均经历了低绿片岩相区域变质、热变质和两次叠加变质作用,其对金的迁移富集均起到了积极作用,有利的区域变质加之有利的矿源层和构造条件,为区内金矿的形成奠定了良好的成矿基础。

表 2 滩间山地区侵入岩指示元素特征值表
Tab. 2 Characteristic values of indicative elements in the intrusive rocks in Tanjianshan area

元素及 特征值	加里东期侵入岩		华力西期侵入岩			
	超基性岩	辉长岩	斜长环斑 花岗岩	斜长花岗 斑岩	斜长花 岗岩	
Au	<i>x</i>	0.85	0.77	0.80	2.54	0.57
	<i>nk</i>	0.24	0.22	0.23	0.73	0.16
	<i>v</i>	2.01	2.56	2.35	1.35	2.74
Ag	<i>x</i>	55.94	79.99	63.64	66.50	52.34
	<i>nk</i>	0.75	1.07	0.85	0.89	0.70
	<i>v</i>	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
As	<i>x</i>	1.06	5.15	1.66	9.56	1.15
	<i>nk</i>	0.48	2.34	0.75	4.35	0.52
	<i>v</i>	3.39	0.43	1.27	0.33	1.44
Cu	<i>x</i>	71.59	80.99	27.38	33.10	29.29
	<i>nk</i>	1.14	1.28	0.43	0.53	0.46
	<i>v</i>	0.04	0.02	0.12	0.05	0.05
Pb	<i>x</i>	5.42	7.48	10.93	6.15	7.72
	<i>nk</i>	0.45	0.62	0.91	0.52	0.64
	<i>v</i>	0.69	0.22	0.17	0.35	0.25

注: Au、Ag 含量为 10^{-9} , $\omega(B)$ 含量为 10^{-6} ; *X* 为平均值; *nk* 为浓度克拉克值; *v* 为变异系数。

总之,青龙沟金矿床的形成与地层、构造、岩浆岩、变质作用关系密切,矿床具有沉积变质变形,岩浆热液成矿作用的先后富集、叠加的特点,其成因应属岩浆期后热液型和构造蚀变岩型金矿床。

4 矿床成因及成矿模式

4.1 矿床成因

通过地层、构造、岩浆岩、变质作用等 4 个方面对成矿条件的分析和总结,认为青龙沟金矿床的形成经历了漫长的、多阶段的富集演化过程,成矿时代经历了加里东晚期—华力西期—印支早期的漫长历程,矿床的形成与造山过程紧密联系,经过多期变形变质和多次富集叠加。青龙沟金矿成矿作用可简单表示为:在加里东晚期褶皱造山时,万洞沟群地层(矿源层)经历了变形变质,地层中金等成矿元素活化、转移并得到初步富集,在此基础上,后又经华里西—印支早期岩浆期后热液的多阶段多次叠加富集而成,由此可将矿床的成因类型归属于多成因复成矿床。矿床的工业类型归属于构造蚀变岩型矿床。

主成矿期是晚华里西—印支早期,由于矿床的形成与造山过程紧密联系,也可将其称为“造山型金矿床”。

4.2 成矿模式

通过控矿因素及矿床成因分析,青龙沟金矿床具有沉积变质变形,岩浆热液成矿作用的先后富集、叠加的特点,其成因应属岩浆期后热液型和构造蚀变岩型金矿床。其成矿模式可简单表示为:①早期黑色含金岩系沉积期:在基底断裂控制的凹陷中沉积了富含热水沉积的含金碳质岩系。②金元素初步富集期:加里东期区域绿片岩相变质及柴北缘裂陷期强烈岩浆活动、岩体侵入、喷溢活动导致含金碳质岩中金元素的初步富集。③金矿化富集期:加里东晚期—华力西早期,裂陷谷闭合碰撞造山,使矿源层强烈变形褶曲,发生动力热流变质,成矿物质迁移再度富集。④金矿化叠加富集期:华力西晚期再生裂陷谷盆闭合造山,伴随强烈的构造岩浆活动,中酸性杂岩体岩浆期后成矿热液运移到继承性复合的控矿构造部位,再次发生矿化富集叠加,即形成了初始的青龙沟金矿床。

5 结论

通过对滩间山地区青龙沟金矿床大地构造背景、成矿地质条件、控矿因素的分析,认为青龙沟金矿床成矿模式经历了:①早期黑色含金岩系沉积期。②金元素初步富集期。③金矿化富集期。④金矿化叠加富集期。其具有沉积变质变形,岩浆热液成矿作用的先后富集、叠加等特点,其成因应属岩浆期后热液型和构造蚀变岩型金矿床。该研究对于该区进一步深部找矿工作和寻找构造热液蚀变型矿床具有借鉴意义,有一定的参考价值。

参考文献(References):

张雪亭,穆一青,王维,等. 青海省矿产资源开发与利用战略[J]. 青海国土经略, 2009, (06): 29-33.

ZHANG Xueting, MU Yiqing, WANG Wei, et al. The strategy of [J]. Qinghai Land and Mineral Resources Development and Utilization in Qinghai Province, 2009, (06): 29-33.

陈正乐,周显强,宋友贵. 青海都兰沙柳河南区多金属矿床的控矿构造特征[J]. 地质力学学报, 1997, 02: 84-86.

CHEN Zhengle, ZHOU Xianqiang, SONG Yougui. The characteristics of ore controlling structure[J]. Journal of Geomechanics Polymetallic Deposit in Qinghai Dulan Henan District of Salix, 1997, 02: 84-86.

张雪亭,杨生德,杨站君,等. 1:1000000 青海省大地构造

图及其说明书[M]. 北京:地质出版社, 2007: 12-20.

ZHANG Xueting, YANG Shengde, YANG Zhanjun, etc. 1:1 million Qinghai Geotectonic Map and Description[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007: 12-20.

徐耀鉴,徐汉南,任锦刚,等. 岩石学[M]. 北京:地质出版社, 2007: 31-41.

XU Yaojian, XU Hannan, REN Jingang, et al. Petrology course [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007: 31-41.

姜洪成,马永铨. 青海省沙柳河南区有色金属矿床的成矿物理化学条件研究[J]. 青海地质, 1993, 02: 17-31.

JIANG Hongcheng, MA Yongquan. Nonferrous metal deposit in Qinghai Province shaliuhenanqu metallogenic physical chemical condition [J]. Qinghai Geological, 1993, 02: 17-31.

孙少财,王伟. 青海省察汗乌苏—乌龙滩地区成矿远景评价[J]. 化工矿产地质, 2013, 03: 162-168.

SUN Shaocai, WANG Wei. Qinghai Province-Chahanwusu Oolong beach area of ore prospecting evaluation of [J]. Chemical Mineral Geology, 2013, 03: 162-168.

周显强,宋友贵,邓军,等. 青海都兰地区控矿构造特征研究[J]. 地质力学学报, 1996, (01): 34-41.

ZHOU Xianqiang, SONG Yougui, DENG Jun, et al. Study on the characteristics of ore control structure in Dulan area of Qinghai [J]. Journal of Geomechanics, 1996, (01): 34-41.

丁正江,孙丰月,李碧乐,等. 青海省苦海汞(金)矿床地质特征及找矿前景分析[J]. 地质与勘探, 2010, 46(02): 198-206.

DING Zhengjiang, SUN Fengyue, LI Bile, et al. Qinghai province Kuhai mercury(gold) geological characteristics and prospecting of ore deposit [J]. Geology and Exploration, 2010, 46(02): 198-206.

丰成友,张德全,贾群子,等. 柴达木周缘金属矿床成因类型、成矿规律与成矿系列[J]. 西北地质, 2012, 45(01): 1-8.

FENG Chengyou, ZHANG Dequan, JIA Qunzi, et al. Genetic types, metallogenic regularity and metallogenic series of the Qaidam metal deposit [J]. Northwestern Geology, 2012, 45(01): 1-8.

许荣科,郑有业,周宾,等. 柴北缘绿梁山一带与造山作用相关的铜铅锌矿床成矿规律及找矿启示[J]. 西北地质, 2012, 45(01): 192-201.

XU Rongke, ZHENG Youye, ZHOU Bin, et al. Metallogenic regularity and prospecting inspiration of copper lead zinc deposit related to orogenic action in green Liangshan area on the northern margin of Qaidam [J]. Northwest Geology, 2012, 45(01): 192-201.