

王福德,李云平,贾妍慧. 青海金矿成矿规律及找矿方向[J]. 地球科学与环境学报, 2018, 40(2): 162-175.

WANG Fu-de, LI Yun-ping, JIA Yan-hui. Metallogenic Regularity and Prospecting Direction of Gold Deposits in Qinghai, China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2018, 40(2): 162-175.

青海金矿成矿规律及找矿方向

王福德, 李云平, 贾妍慧

(青海省第五地质矿产勘查院, 青海 西宁 810099)

摘要:青海金矿可分为破碎蚀变岩型、海相火山岩型、矽卡岩型、叠加型和砂矿型等。矿床形成时代较为连续,最早形成于早古生代,最晚形成于新生代,其中晚古生代和中生代是形成矿床的两个高峰期;晚古生代矿床主要分布在柴北缘,中生代矿床主要分布在东昆仑、西秦岭及北巴颜喀拉一带,岩金矿地理上主要分布在北纬35°以北广大地区。破碎蚀变岩型金矿是青海的主要类型,受构造控制明显,区域性深大断裂及次级构造控制了金矿田、矿床的产出和展布。依据金矿田、矿床及成矿信息划分了19个金矿集区。通过分析矿集区、矿化信息和区域成矿条件,提出了10个金成矿远景区,在此基础上结合区域地质背景、综合信息集成、研究程度等因素,认为苏干湖—锡铁山、赛什克南—叉叉龙洼、祁曼塔格、磁铁山—智玉、同德—同仁等5个金成矿远景区最有前景。这5个金成矿远景区主要分布在青海北部和中部,涉及柴北缘成矿带(Ⅲ-6)、东昆仑成矿带(Ⅲ-8)和西秦岭成矿带(Ⅲ-9)。

关键词:金矿;控矿因素;时空分布;成矿带;矿集区;成矿远景区;找矿方向;青海

中图分类号:P612

文献标志码:A

文章编号:1672-6561(2018)02-0162-14

Metallogenic Regularity and Prospecting Direction of Gold Deposits in Qinghai, China

WANG Fu-de, LI Yun-ping, JIA Yan-hui

(The Fifth Exploration Institute of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province,
Xining 810099, Qinghai, China)

Abstract: The gold deposits in Qinghai can be divided into fractured alteration rock-type, marine volcanic rock-type, skarn-type, overlay-type and sand-type. The forming ages of deposit are continuous, ranging from Early Paleozoic to Cenozoic. The peaks of deposit development appear at Late Paleozoic and Mesozoic. Late Paleozoic deposits are mainly located in the northern margin of Qaidam Basin, and Mesozoic deposits mainly distribute in East Kunlun, West Qinling and North Bayankala. The rock gold deposits mainly distribute to the north of 35°N. The fractured alteration rock-type gold deposits are the main in Qinghai, and are strictly controlled by structures. The output and distribution of gold orefields and deposits are controlled by regional deep fractures and secondary structural units as well. Based on the information of gold orefields, deposits and metallogenic characteristics, there are 19 gold ore-concentrated areas divided. According to the ore-concentrated areas, mineralization information and regional metallogenic

收稿日期:2018-01-24;修回日期:2018-03-09 投稿网址: <http://jese.chd.edu.cn/>

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(DD20160346)

作者简介:王福德(1965-),男,青海西宁人,高级工程师, E-mail: 1395242363@qq.com。

conditions, the 10 gold metallogenic prospects were proposed. Considering several factors such as regional geological background, information integration and research level, the 5 gold metallogenic prospects including Suganhu-Xitieshan, Saishikenan-Chachalongwa, Qimantage, CITIESHAN-Zhiyu and Tongde-Tongren are most promising. The above 5 gold metallogenic prospects mainly distribute in the northern and central Qinghai, and are related to the northern margin of Qaidam mineralization belt (Ⅲ-6), the East Kunlun metallogenic belt (Ⅲ-8) and the West Qinling metallogenic belt (Ⅲ-9).

Key words: gold deposit; ore-controlling factor; spatial-temporal distribution; metallogenic belt; ore-concentrated area; metallogenic prospect; prospecting direction; Qinghai

0 引言

青海是中国矿产资源大省,找矿潜力巨大,是重要的战略资源基地。金矿是青海的优势矿种,也是特色矿种,近几年新发现岩金矿产地数量、新增金矿资源量、金矿勘查程度、金矿研究程度等均居全省矿产之首,金矿产值一直位列青海金属矿产之首^[1-3]。

青海采金业最早可追溯至唐代。从开采规模和产量来看,砂金是古代矿业的重要矿种。1912~1949年期间,青海采金业达到鼎盛时期,尤其是对祁连山、拉脊山、玛多、星宿海等地进行掠夺性开采。青海地质勘查工作起步于20世纪50年代,90年代之前以砂金勘查工作为主。岩金勘查工作起步较晚,1989年《青海省矿产储量表》记录的岩金矿产地仅有一处。21世纪初,中国地质科学院矿产资源研究所张德全等承担完成了中国地质调查局地质调查项目“东昆仑地区综合找矿预测与突破”,对柴达木盆地北缘(简称“柴北缘”)—东昆仑地区金矿进行了研究,认为它们大多数与造山作用有密切的成因联系,是典型的造山型金矿^[4-9]。2004年,刘增铁等总结了青海金矿成因类型、成矿条件、控矿因素和分布规律,对金矿资源潜力做出了分析^[10]。2006年,潘彤等总结了青海金属矿产区域成矿规律,并以成矿系统理论为指导进行了矿产预测^[11]。2008年以来,青海实施了“358地质勘查工程”,先后成立了4处以金矿为主的整装勘查区,实现了地质找矿重大突破,同时大幅提高了地质工作程度和研究水平。在中国矿产资源潜力评价中,徐志刚等的《中国成矿区带划分方案》^[12]被作为中国成矿区带划分的基础。一些学者从全国层面对金矿基本成矿规律进行了总结^[13-16],取得了一些成果认识,但对指导青海金矿找矿方向的要求有一定差异。本文在青海金矿成矿规律汇总工作中,收集整合了大量的研究测试数据,编制了典型矿床研究系列图件和成矿规律图、矿产预

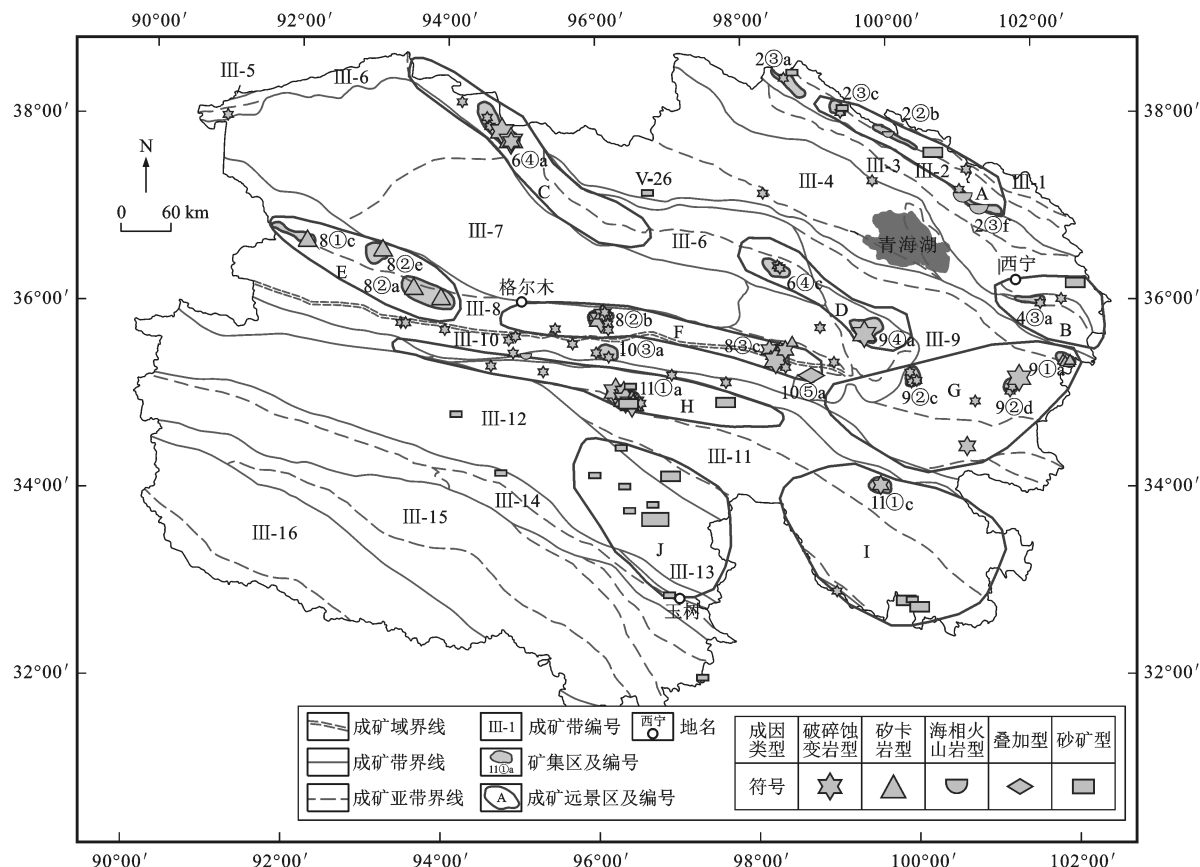
测图;通过典型矿床研究,充分研究与成矿有关的要素,根据主成矿作用特征重新认识矿床类型,为开展青海成矿规律研究及矿产预测打下基础;在充分利用已取得的成果和《中国成矿区带划分方案》^[12]基础上,借鉴王登红等的研究成果^[14],从青海成矿地质背景及控矿因素出发,分析了矿床类型,总结了金矿时空分布特征,划分了矿集区及成矿远景区,指出了进一步找矿区域和方向,对青海下一步金矿找矿工作提供参考。

1 成矿地质背景

青海地处青藏高原东北部,主体属特提斯构造域。柴达木、中祁连、南秦岭、大别及苏鲁地块是特提斯洋最北边的微陆块,为秦祁昆构造域和特提斯构造域的结合部位。根据地质特征,青海被划分为12个成矿大地构造单元^[17]。青海岩浆活动频繁强烈,侵入岩广泛分布,尤其在北部区域(北祁连、柴北缘、东昆仑)十分发育,并以中—酸性侵入岩体为主。青海金矿主要矿床类型有破碎蚀变岩型、海相火山岩型、矽卡岩型、叠加型、砂矿型等。破碎蚀变岩型金矿是青海的主要类型,地层主要是古元古界金水口岩群至三叠系;海相火山岩型金矿的地层主要是中寒武统黑炭沟组、上奥陶统扣门子组。区域变质岩中Au丰度高,在温度、压力梯度变化带多有相关金矿产形成。动力变质岩往往成为有用矿物载体而构成矿石,或者其间的后期裂隙成为矿液的通道和沉淀场所,如剪切带型金矿。

2 资源特征

青海地跨秦祁昆及特提斯成矿域,共涉及北祁连、柴达木、东昆仑、西秦岭西、可可西里—巴颜喀拉、三江北西延6个Ⅱ级成矿省,16个Ⅲ级成矿带^[17](图1)。截至2015年底,青海金矿产地354处,有资源储量的矿产地208处,其中大型11处,中



A~J 分别为北祁连、拉脊山、苏干湖—锡铁山、赛什克南—叉叉龙洼、祁曼塔格、磁铁山—智玉、同德—同仁、昆仑山口—两湖、达日—年保玉则、扎多—巴颜喀拉金成矿远景区；各种类型矿床的符号有大、中、小不同尺寸，分别对应大、中、小型矿床规模

图 1 青海金成矿远景区和矿集区分布

Fig. 1 Distribution of Gold Metallogenic Prospects and Ore-concentrated Areas in Qinghai

型 22 处, 小型 71 处 (图 1)。累计查明金矿资源储量中岩金矿占 94.24%, 其中破碎蚀变岩型占 82.10%, 海相火山岩型占 3.19%, 砂卡岩型占 5.21%, 叠加型占 3.74%, 砂矿型占 5.76%。除西宁市外, 其他 7 个州 (市) 均有不等的金矿资源分布。查明金矿资源储量居前两位的是海西州、玉树州, 共占 75.13%。

3 控矿因素

3.1 构造

构造是控制金矿床形成和分布的重要因素。根据构造在成矿过程中的作用, 其可以分为导矿和容矿构造; 根据构造运动与矿化的时间关系, 其可以分为成矿前、成矿期和成矿后构造, 它们对成矿物质的集散起着不同的作用; 根据构造发育的规模, 其可以分为全球性构造, 区域性构造及矿田、矿床、矿体构造。不同级别、不同规模的构造对成矿起着不同的控制作用, 它们分别控制了矿带、矿田、矿床及矿体的产出和展布。构造对金矿的形成具有分级控制作用^[4]。

青海已发现的金矿主要分布在古陆的边缘和板块结合带 (俯冲带) 以及陆间裂 (谷) 陷带及其附近。部分深大断裂是直接的导矿构造, 控制着金矿床的空间分布。比如, 昆中断裂沿东昆仑山主脊展布, 为昆中逆冲—走滑构造带的主断裂, 是一条长期活动的超岩石圈断裂, 直接控制了五龙沟金矿田、沟里金矿田等主要金矿床的空间分布; 昆仑山口—甘德断裂为韧性壳型断裂, 构成昆仑山口—昌马河俯冲增生楔与巴颜喀拉双向边缘前陆盆地的分界, 亦是青海秦祁昆造山系和西藏—三江造山系南、北两大造山系的分界断裂, 直接控制了大场金矿田的金矿床及矿化点的空间分布。

目前, 青海发现的较有规模的金矿床类型较为单一, 均为破碎蚀变岩型, 金矿床形成最关键的因素是构造。断裂构造不仅对金矿床形成过程有着重要的控制作用, 而且是直接控制矿化空间分布的主导因素。青海已知金矿床 (点) 绝大部分受断裂构造的控制, 断裂构造不但对金矿床的分布进行多级控制^[18-32], 而且直接控制金矿床的空间定位。一般来

说,主干断裂控制着矿带的展布,与其配套的次级断裂则控制矿田、矿床的分布,更次一级的断裂及其破碎带控制矿体的就位空间形态和产状。青海金矿体主要产于 NWW 向及 EW 向次级断裂中。

3.2 地层岩性

地层对成矿的控制作用主要体现在两方面:一是地层控制了矿床的部分物质来源,即起到了矿胚层的作用;二是特定岩性及结构构造控制了矿体的赋存空间,为成矿流体运移提供了通道,为成矿物质的沉淀提供了场所。

青海含金层位由老到新有古元古界金水口岩群,中元古界万洞沟群,下古生界滩间山群,中寒武统黑茨沟组,上寒武统六道沟群,上奥陶统扣门子组、阴沟群,三叠系巴颜喀拉山群、洪水川组、隆务河

群,第四系等。含金岩石不但是金矿体赋存的直接围岩,也可能是成矿物质主要来源,如大场金矿田的 Au 来源最大可能是巴颜喀拉山群浊积岩系,为深部热水与大气降水形成的混合热液萃取地层中 Au 形成含矿热液所致。

青海 30% 岩金矿赋存于三叠系沉积岩系中(表 1),该部分金矿床层控特征较为明显^[31-33],矿床均产于该套地层的细碎屑沉积物中,如开荒北金矿床、瓦勒根金矿床、石藏寺锦金矿床、大场金矿田、东大滩锦金矿床、东乘公麻金矿床等。洪水川组、隆务河组、昌马河组中细碎屑岩 Au 含量(质量分数,下同)为 $(9.5\sim300.0)\times10^{-9}$,远高于地壳克拉克值。青海广泛分布的三叠系砂板岩地层为矿床的形成提供一定的物质来源。

表 1 主要地质单元 Au 丰度及岩金矿床产出统计结果

Tab.1 Statistical Results of Au Abundance of Main Geological Units and the Output of Rock Gold Deposits

时代	地质单元		Au 丰度/10 ⁻⁹	不同规模矿床数量			矿床合计	占比/%
				大	中	小		
T	地层	鄂拉山组	9.50~74.00	1			1	1.22
		昌马河组	9.46~12.07	3	4	5	12	14.63
		隆务河组	1.20~300.00	1	1	6	8	9.76
		闹仓坚沟组	9.50			3	3	3.66
		洪水川组	9.50~14.34	1		1	2	2.44
P		大关山组				3	3	3.66
O		扣门子组	11.00~42.00		2		2	2.44
		阴沟群				1	1	1.22
		滩间山群				6	6	7.32
		祁曼塔格群	16.00					
Є		黑刺沟组				2	2	2.44
Pt ₂		万洞沟群		2	1		3	3.66
		万保沟群		1		3	4	4.88
		小庙岩组	53.00~218.70			3	3	3.66
Pt ₁		金水口岩群	6.99~8.94	1	3	5	9	10.98
CP	构造混杂岩地层	马尔争蛇绿混杂岩				2	2	2.44
ЄO		达坂山蛇绿混杂岩	29.51			2	2	2.44
ЄO		拉脊山蛇绿混杂岩				3	3	3.66
ЄO		柴北缘蛇绿混杂岩				1	1	1.22
ЄO		纳赤台蛇绿混杂岩				4	4	4.88
T	侵入岩	花岗闪长岩、二长花岗岩、斜长花岗岩	4.90~300.00	3	2	10	15	18.29
P		正长花岗岩、二长花岗岩	2.54~12.16			1	1	1.22
S		正长花岗岩、二长花岗岩			1	2	3	3.66
O		花岗闪长岩、英云闪长岩、闪长岩	12.00~200.00		1	8	9	10.98

注:青海内生金矿中达到矿床级别的金矿产地共 82 处,部分金矿床的围岩既是沉积地层,又有侵入岩;占比表示某一地质单元中金矿产地数量与青海金矿产地总数之比;其他地层的小型矿床有 6 处,占比为 7.32%;其他侵入岩的小型矿床有 2 处,占比为 2.44%。

地层在金成矿作用中具有非常重要的意义,是金成矿的物质存储库之一,也是矿床(点)的就位场所之一,尤其是沉积地层的沉积环境、岩石组合、岩性特征等对金成矿具有制约作用。青海地层对金矿的控制主要表现在两个方面:①青海与金成矿有关的沉积地层主要是新太古界一元古界、下古生界和三叠系,且黑色岩系(含碳)是主要的含矿层位,如金龙沟金矿、开荒北金矿均赋存在黑色岩系之中;②具复理石沉积的浊积岩系在青海金成矿方面具有重要意义,青海最大的金成矿带北巴颜喀拉成矿带内的大场金矿床为其典型代表。

3.3 中—酸性侵入岩

青海华力西期—印支期岩浆岩分布最为广泛。来自深部的岩浆热液携带大量深部成矿物质,同时高温活跃的热液易与围岩发生物质交换,进一步增加了热液的成矿物质含量。携带大量成矿物质的热液在合适的空间位置卸载沉淀成矿。比如,滩间山金矿、五龙沟金矿、果洛龙洼金矿、瓦勒根金矿床等均形成于华力西期和印支期,与岩浆活动在时间上存在明显的耦合关系。

根据现有资料,青海显生宙花岗质杂岩类分布较广,形成了较为明显的与构造带一致的花岗质杂岩带,从北向南有由老变新的变化特点,与青海金成矿的演化趋势非常一致。花岗质杂岩体在青海呈带状较集中地分布在北祁连、柴北缘、东昆仑及西秦岭一带,与主要金矿集区、成矿带的空间展布相一致。

青海部分侵入岩 Au 丰度较高,如滩间山金矿田、五龙沟金矿田等。各时期侵入岩 Au 丰度($(4.9 \sim 300.0) \times 10^{-9}$) (表 1) 高于地壳 Au 丰度,这说明 Au 丰度高的岩浆侵入体是金成矿的物质来源之一,为本区提供了来源于地壳深处的丰富矿质来源。此外,岩浆活动具有期次多的特征,时间长、期次多的岩浆活动为金成矿提供了持续的热动力条件和流体,促进了 Au 的活化迁移及富集成矿^[18-19,25,30,32]。

3.4 火山岩

青海火山岩与金成矿有密切关系,火山活动形成 Au 丰度高的金矿源层,后期热液作用的活化萃取及构造作用的叠加使 Au 进一步富集成矿。北祁连是青海早古生代含金火山岩系最发育的地区,区内发现与早古生代海相火山岩—沉积岩有关的金矿床(点)10 多处,如松树南沟、中多拉、西山梁等金矿直接赋存于海相火山岩系之中^[34]。北祁连海相火山岩在空间分布上与区域构造方向一致,呈 NW—SE 向带状分布,形成时代分别为寒武纪和奥陶纪。

海相火山岩成因的金矿与加里东期细碧质火山建造及后期叠加改造作用有关。此外,该类型矿床中的伴生金矿也最具规模,主要分布于柴北缘、鄂拉山一带,主要有锡铁山铅锌矿床、铜峪沟铜矿床、赛什塘铜矿床、德尔尼铜钴矿床等。伴生金矿规模为中、大型。

3.5 变质作用

动力变质作用沿断裂破碎带形成广泛的构造角砾岩、碎裂岩、糜棱岩、断层泥等构造岩。由于强大的构造挤压扭动、磨擦生热,形成热动力变质环境,在构造强烈部位的部分地段构成金矿(化)体。岩石在动力变质作用下的破碎可能为成矿提供了赋存空间。此外,岩浆岩边部接触交代作用广泛存在,形成矽卡岩型矿床,如谢坑金矿、双朋西金矿等^[30,35]。矽卡岩型共伴生金矿也有一定的规模,如哈西亚图铁多金属矿床、肯德可克铁多金属矿床、牛苦头多金属矿床、它温查汉西铁多金属矿床、拉陵灶火中游铜钼金矿床等。伴生金矿规模以中、小型为主。

3.6 风化剥蚀作用

岩金矿床或含金岩石经过风化剥蚀后, Au 可次生富集。砂金矿富集受水动力条件控制,受河谷地形地貌等条件制约,多聚集于水动力条件降低的地段,如在河床由窄变宽、地形由陡变缓、水流速变慢的区域沉积,再次富集成矿,形成砂金矿床。矿体的形态、规模等受河谷地貌形态控制,即河谷愈宽,矿体相应增宽,反之亦然。

3.7 小结

青海内生金矿最主要的控矿因素是构造,绝大多数金矿床均严格受不同等级体制的构造控制。其次,富金地层是成矿的物质基础,主要有元古界变质岩、寒武系及奥陶系浅变质火山岩、古生界以碳酸盐类为主的地层、三叠系浅变质碎屑岩等。岩浆岩一方面是矿源岩,另一方面岩浆活动为金成矿提供了持续的热动力条件和流体,促进了 Au 的活化迁移及富集成矿。

4 矿床类型

在全面掌握青海金矿基础地质资料的基础上,通过典型矿床研究,充分研究与成矿有关的要素,根据主成矿作用特征重新认识矿床类型。青海金矿成因类型见表 2。青海内生金矿以破碎蚀变岩型为主,其次为海相火山岩型和矽卡岩型。典型金矿床主要特征见表 3。破碎蚀变岩型金矿床主要指产于各类岩石建造中的破碎带蚀变岩内的独立型金矿床^[4-9,33-34,36-51],以 Au 为矿床的主元素,其成因类型复

表 2 金矿成因类型

Tab. 2 Genetic Types of Gold Deposits

成因类型			产出部位	矿体形态	主分布区	资源量 占比/%
一级	二级	三级				
内生矿床	岩浆作用	砂卡岩型	花岗岩与二叠系、三叠系 碳酸盐岩的接触带	似层状、脉状、 透镜状	西秦岭	5.37
		海相火山 岩型	中寒武统黑茨沟组、 上奥陶统扣门子组	不规则透镜状、 脉状	北祁连	4.92
	含矿流体 作用	破碎蚀 变岩型	元古宇、下古生界、 三叠系	似层状、大脉状、 透镜状、不规则状	北祁连、柴北缘、东昆仑、 北巴颜喀拉、西秦岭	76.70
叠加型矿床			下二叠统布青山群	似层状、透镜状、脉状等	东昆仑	5.83
外生矿床	沉积作用	砂矿型	第四系底部砂砾层	条带状、似层状、 树枝状	黑河、祁连河、湟水河、 柴达木河、通天河等	7.19

表 3 典型金矿床主要特征

Tab. 3 Main Characteristics of Typical Gold Deposits

矿床	松树南沟金矿	滩间山金龙沟金矿	五龙沟金矿	瓦勒根金矿	谢坑铜金矿	大场金矿
构造环境	北祁连弧盆系	柴北缘结合带	东昆仑弧盆系	秦岭弧盆系	秦岭弧盆系	玛多—玛沁增生楔
控矿构造	次级走向断裂带、 韧性剪切带等控制 着侵入体和矿体 的形成和分布	NW 向大型剪切带 内 NNE—SN 向褶 皱的轴部或两翼的 断裂-裂隙带	大型剪切带旁侧 NW—NNW 向剪 切带或断裂-裂 隙带	矿区内近 EW 向构 造线占主导地位， 不同方向构造的叠 加区成矿有利	矿区主体断裂呈 NW—SE 向，该组 断裂属于重要的 控矿或容矿断裂	甘玛断裂是导矿、控 矿构造，与之平行等 间距分布的次级构 造是含矿构造
地层	上奥陶统扣门子组 细碧玢岩、石英角 斑凝灰岩属海相 火山沉积系列	中元古界万洞沟群、 大理岩组和千枚 岩-片岩组	古元古界金水口岩 群黑云母斜长片 麻岩、黑云母 角闪岩	三叠系隆务河组 浊积岩-浅变质砂、 板岩韵律 互层	中、下二叠统大关山 组灰岩与闪长岩体 接触带常形成 砂卡岩	中、下三叠统昌马 河组浊积岩建造- 板岩、砂岩
侵入岩	中—酸性侵入 岩发育	华力西期中— 酸性侵入岩	中—酸性侵入岩	印支晚期石英 闪长岩	印支晚期闪长岩	隐伏岩体(推测)
成矿期	加里东期	华力西期(284± 3.0)Ma ^[7]	印支期(236.5± 0.5)Ma ^[7]	印支期	印支期(243.8± 1.0)Ma ^[35]	印支期(218.6± 3.2)Ma ^[7]
矿石矿物	黄铁矿、方铅矿、 黄铜矿、斑铜矿	自然金、银金矿、 黄铁矿、毒砂	银金矿、黄铁矿、 毒砂、黄铜矿	黄铁矿、毒砂、 磁黄铁矿	黄铜矿、黄铁矿、 磁黄铁矿	黄铁矿、毒砂、 辉锑矿
脉石矿物	石英、方解石、 钾长石、钠长石	石英、绢云母、 石墨	石英、绢云母、 方解石	石英、长石、 方解石	石榴石、绿帘石、 透闪石	石英、长石、 方解石
成矿元素 组合	Au(Cu、Ag、Mo、 Pb、Zn)	Au(Ag、As)	Au(As、Sb)	Au(As、Sb)	Au、Cu	Au(As、Sb)
矿体特征	矿体多呈脉状、透 镜状、扁豆状斜列 式产出，金矿体 主要产于细碧玢 岩中，矿体产状 与岩石片理产状 基本一致	矿体呈似层状、脉 状、透镜状，主矿体 产于褶皱轴部及翼 部的 NNE—SN 向 断裂-裂隙系统中	矿体呈似层状、透 镜体状斜列式成群 成带地分布于 NW— NNW 向剪切带和 断裂-裂隙系统中	矿体呈似层状、脉 状分布于 EW— NNW 向断裂破碎 带及裂隙系统中	矿体呈脉状、透镜 状产于闪长岩体与 灰岩接触带部位	矿体呈似层状、脉 状、透镜体状在 NWW 向断层破碎 带中斜列式展布， 矿体与断裂破碎带 走向间呈 15°~30° 交角
成矿类型	海相火山岩型	破碎蚀变岩型	破碎蚀变岩型	破碎蚀变岩型	砂卡岩型	破碎蚀变岩型
成矿带	北祁连成矿带 (Ⅲ-2)	柴北缘成矿带 (Ⅲ-6)	东昆仑成矿带 (Ⅲ-8)	西秦岭成矿带 (Ⅲ-9)	西秦岭成矿带 (Ⅲ-9)	北巴颜喀拉成矿带 (Ⅲ-11)

杂,具有成矿物质(介质)来源多、成因多、成矿阶段多的特点。该类金矿床多与区域性构造(特别是断裂构造)关系密切,并受不同序次构造的控制,既产于大的断裂带,也产于小的断裂带。大量文献资料综合研究表明,青海破碎蚀变岩型金矿床成矿流体显示中低温、低盐度混合流体特征,成矿深度为浅—中成,并以浅成为主^[36-40]。

5 成矿分布特征

5.1 成矿作用与成矿时代

青海不同地质时期有不同的金成矿作用和矿床类型^[10]。岩金矿成矿作用始于震旦纪,但未形成具工业意义的矿床;加里东期有北祁连松树南沟金矿床;华力西期成矿强度加大,形成了有柴北缘滩间山金龙沟金矿田;印支期达到顶峰(图 2),形成了东昆仑五龙沟金矿田、沟里金矿田、满丈岗金矿床,西秦岭瓦勒根金矿床,北巴颜喀拉大场金矿田等(表 3);外生金矿的砂金矿成矿时代为喜山期(图 2)。

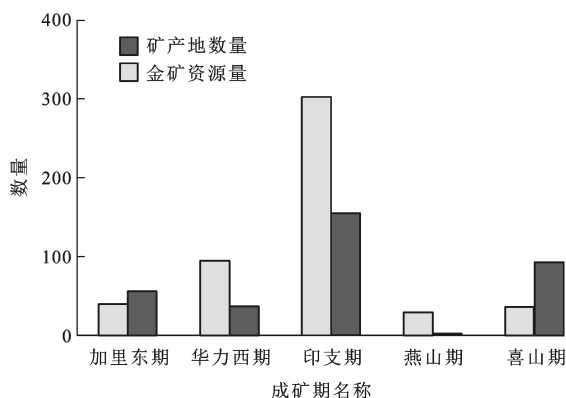


图 2 金矿主要成矿期分布

Fig. 2 Distribution of Main Metallogenic Periods of Gold Deposits

5.2 时空分布特征

青海金矿成矿与地质构造的演化趋势基本一致,即构造演化由北向南由老变新,成矿作用在时间上亦存在由北向南由老变新的趋势。金成矿与岩浆活动或侵入岩体的分布规律基本一致,从北祁连→东昆仑→巴颜喀拉,各类侵入岩体从加里东期→华力西期→印支期→燕山期逐次变新,金成矿由北向南在时代上亦显示出从加里东期→华力西期→晚华力西期→印支期→燕山期的变化特征。加里东期成矿作用主要分布在北祁连、拉脊山成矿带内;华力西期或晚华力西期—印支早期成矿作用主要分布在柴北缘成矿带内;东昆仑地区金矿主成矿期以晚华力西期—印支期为主;而昆仑南坡及北巴颜喀拉和共

和一同德地区金矿成矿期以印支期—燕山期为主。

青海 16 个Ⅲ级成矿带中,岩金矿主要集中分布于东昆仑成矿带(Ⅲ-8)、北巴颜喀拉成矿带(Ⅲ-11)及柴北缘成矿带(Ⅲ-6)。各成矿带中矿产地数量及金矿资源量分布见图 3,其中青海中部的东昆仑成矿带、北巴颜喀拉成矿带岩金矿资源量占青海金矿总资源量的近 60%。

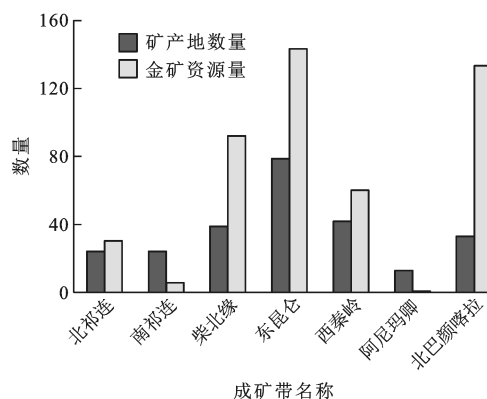


图 3 岩金矿产地分布

Fig. 3 Distribution of Rock Gold Orefields

破碎蚀变岩型金矿集中分布于北祁连、柴北缘、东昆仑、西秦岭及北巴颜喀拉成矿带,矿化较单一,以金矿为主;海相火山岩型金矿主要分布于北祁连成矿带,其伴生金矿主要分布于柴北缘及东昆仑鄂拉山一带;矽卡岩型金矿主要分布于西秦岭成矿带,其伴生金矿主要分布于东昆仑成矿带格尔木以西(图 1、表 4)。砂金矿产地遍布青海,集中分布于北巴颜喀拉、南巴颜喀拉及北祁连成矿带,上述 3 个成矿带中砂金资源储量接近青海砂金总资源储量的 90%。青海主要金矿时空分布规律见表 4。

6 矿集区划分

依据区域矿床(点)的时空分布规律,相似成矿环境以及相似的或密切联系的成矿机制形成空间相近的一组矿床(点),构成一个矿田。矿集区划分主要以已知矿田为依据,以矿床成矿系列为指导,兼顾成矿信息进行划分。矿集区名称采用区内矿田或主要矿床简称,其编号由Ⅲ级成矿带编号、Ⅳ级成矿带编号、矿集区编号组合而面。比如,大场矿集区编号 11①a 代表 11 号Ⅲ级成矿带中①号Ⅳ级成矿带的 a 号矿集区。

青海共有 19 个金矿集区,其主要特征见表 5、图 1。19 个金矿集区中,海相火山岩型金矿集区 1 个(松树南沟),矽卡岩型金矿集区 4 个(谢坑、肯德可克、它温查汉、哈西亚图),其余 14 个金矿集区均为

表 4 主要金矿时空分布

Tab. 4 Spatial-temporal Distribution of the Main Gold Deposits

成矿期	成矿时代	阿尔金—祁连		昆仑		秦岭—大别	巴颜喀拉
		北祁连成矿带 (Ⅲ-2)	南祁连成矿带 (Ⅲ-4)	柴北缘成矿带 (Ⅲ-6)	东昆仑成矿带 (Ⅲ-8)	西秦岭成矿带 (Ⅲ-9)	北巴颜喀拉 成矿带(Ⅲ-11)
喜山期	Q	天朋河 ⁵ 、洪水梁 ⁵	高庙 ⁵ 中坝 ⁵	雅沙图 ⁵ 、卡克图 ⁵	扎莫托 ⁵ 、分水岭 ⁵	唐乃亥 ⁵ 、水塔拉 ⁵	多卡 ⁵ 、大场 ⁵
	N—E						
燕山期	K						
	J				抗得弄舍 ⁴		
印支期	T			野骆驼泉 ¹ (年龄为(246.0±3.0)Ma)	拉陵灶火中游 ^③ ;五龙沟 ¹ (年龄为(236.5±0.5)Ma)、 开荒北 ¹ 、果洛龙洼 ¹ ; 铜峪沟 ^② ;哈西亚图 ^③	瓦勒根 ¹ 、牧羊沟 ¹ 、夺 确壳 ¹ 、满丈岗 ¹ ;谢 坑 ³ 、铁吾西 ³ 、双朋西 ³	大场 ¹ (年龄为 (216.8±3.2) Ma)、东乘 公麻 ¹
华力西期	P			滩间山 ¹ (年龄为 (284.0±3.0)Ma)、 红柳沟 ¹			
	C						
	D						
加里东期	S	中铁目勒 ¹		赛坝沟 ¹ (年龄为 (425.5±2.1)Ma)			
	O	松树南沟 ² 、 中多拉 ²	泥旦沟 ¹	阿里根刀若 ¹			
	Є	西山梁 ² ;拴羊 沟 ¹ 、陇孔 ¹	天重峡 ¹ 、 横山 ¹	锡铁山铅锌矿 ^②			
	Pt ₃						
前兴凯期	Pt ₂			万洞沟群			
	Pt ₁				金水口群		
	Ar?						

注:上标数字中 1 表示破碎蚀变岩型,2 表示海相火山岩型,3 表示砂卡岩型,4 表示叠加型,5 表示砂矿型,②表示海相火山岩型伴生金矿,③表示砂卡岩型共生金矿。

破碎蚀变岩型。青海金矿集区主要分布在北纬 35° 以北,与区域性深大断裂及次级断裂关系密切。青海主要的金矿集区有滩间山、五龙沟、沟里和大场 4 处,形成了 4 处以金矿为主的整装勘查区。这 4 处整装勘查区金矿资源量占青海金矿总资源量的 63.87%。

7 找矿方向

根据已知的矿化信息和区域成矿条件,本文提出 10 个金成矿远景区(图 1),分别为北祁连、拉脊山、苏干湖—锡铁山、赛什克南—叉叉龙洼、祁曼塔格、磁铁山—智玉、同德—同仁、昆仑山口—两湖、达日—年保玉则、扎多—巴颜喀拉金成矿远景区。其中,苏干湖—锡铁山、赛什克南—叉叉龙洼、祁曼塔格、磁铁

山—智玉、同德—同仁金成矿远景区最有前景。

7.1 苏干湖—锡铁山金成矿远景区

苏干湖—锡铁山金成矿远景区位于柴北缘结合带,地处柴北缘成矿带中段。区内构造发育,早期形成的 NW 向区域性断裂是本区的控岩构造,晚期形成的 NNE 向片理化带是重要的导矿构造,而复式褶皱的层间破碎带、层间滑脱带是矿区最主要的控矿容矿构造。前人分别在万洞沟群、滩间山群中发现了较多的金矿床(点),金矿主要产于以上两个群与千枚岩、片岩有关的构造破碎带中。另外,在古元古界达肯大坂岩群片麻岩组中也发现零星的金矿点。区内岩浆侵入作用较强,从岩浆岩分布时代来看主要为加里东期—华力西期。多期岩浆活动为区内金矿的进一步富集起到了重要作用。

表 5 金矿集区特征
Tab. 5 Characteristics of Gold Ore-concentrated Areas

矿集区代号	矿集区名称	面积/km ²	控矿因素及矿体特征
2②b	西山梁	2 735	矿床产于中寒武统黑茨沟组火山岩中,矿体呈透镜状、楔形,共生铅锌,如西山梁金多金属矿
2③a	红土沟	4 766	矿床产于下奥陶统阴沟群中基性火山岩组内,沿断裂破碎蚀变带分布,呈似层状、透镜状、脉状产出,如红川金矿
2③c	天朋河	5 189	矿点产于上奥陶统扣门子组中,断裂构造发育,金矿化沿破碎蚀变带分布,矿体呈透镜状、脉状,如骆驼河金矿
2③f	松树南沟	2 395	矿床产于上奥陶统扣门子组火山中,矿体呈不规则透镜状、脉状,如松树南沟金矿
4③a	泥旦沟	3 552	矿床产于上寒武统六道沟组,金矿体沿破碎蚀变带分布,矿体呈脉状、透镜状、囊状,如泥旦沟金矿
6④a	滩间山	7 724	矿床产于中元古界万洞沟群,矿体产于褶皱轴部及翼部的断裂-裂隙带中,矿体呈脉状、透镜状成群产出,如金龙沟金矿
6④c	赛坝沟	4 611	矿床产于滩间山群,沿 NW 向断裂破碎带分布,矿体呈细脉状、透镜状,如赛坝沟金矿
8①c	肯德可克	1 567	矿床产于印支期花岗岩与滩间山群碳酸盐岩接触带,矿体呈豆荚状、似层状、扁豆状和透镜状,如肯德可克铁多金属矿床,共生金矿规模达中型
8①e	它温查汉	2 345	矿床产于滩间山群碳酸盐岩与印支期花岗岩接触带,矿体呈似层状、扁豆状和透镜状,如它温查汉西铁多金属矿床,共生金矿规模达中型
8②a	哈西亚图	3 078	矿床产于金水口岩群大理岩与印支期—华力西期花岗岩接触带,矿体呈似层状、透镜状,如拉陵灶火中游铜钼金矿床、哈西亚图铁多金属矿床,共生金矿规模达中型
8②b	五龙沟	1 585	矿床产于元古界地层,中—酸性岩浆岩时代有晚元古代、泥盆纪及三叠纪,区内矿床严格受 3 条 NW 向韧性剪切带控制,如红旗沟—深水潭金矿
8③c	果洛龙洼	1 569	矿床产于下古生界纳赤台群,华力西期—印支期的中—酸性岩浆岩发育,矿体受控于或产于近 EW 向断层破碎带中,如果洛龙洼金矿
9①a	谢坑	3 580	矿床产于二叠系和三叠系地层与印支期—燕山期的中—酸性岩体接触带,金铜矿体呈似层状、脉状,如谢坑金铜矿
9②d	瓦勒根	5 468	矿床产于三叠系隆务河组,区内金矿带严格受断裂控制,矿体呈似层状、透镜体状,如瓦勒根金矿
9④a	满丈岗	3 931	矿床产于上三叠统鄂拉山组,矿体受控于近 SN 向断层带中,矿体呈脉状、透镜状、似层状,如满丈岗金矿
10③a	开荒北	1 606	矿床产于中三叠统闹仓堡组,矿体沿 NW 向断层破碎带分布,如开荒北金矿
10⑤a	抗得弄舍	784	矿床产于三叠系洪水川组,印支期—燕山早期的中—酸性岩体发育,矿体受控于硅钙界面及断裂,矿体呈似层状、透镜状、脉状等,如抗得弄舍金多金属矿 ^[52]
11①a	大场	2 628	矿床产于三叠系昌马河组,区内金矿严格受断裂控制,矿体呈似层状、透镜体状,如大场金矿 ^[53-54]
11①c	东乘公麻	600	矿床产于三叠系昌马河组,印支期—燕山期的中—酸性侵入岩发育,区内金矿受断裂控制明显,矿体呈似层状、透镜体状,如东乘公麻金矿

区内一级断裂为丁字口—乌兰断裂,其南侧有骆驼泉—千枚岭、青龙沟—滩间山等几条长 20~30 km 的 NWW 向剪切带,它们分别控制了野骆驼泉、千枚岭、青龙沟、滩间山、细晶沟等金矿床的产出,从而构成了滩间山金矿化集中区(由胜利沟、红柳沟、青龙沟、滩间山、细晶沟金矿床及多处金矿点组成),以滩间山式破碎蚀变岩型金矿为代表。大型剪切带内或大型剪切带旁侧的配套或派生构造控制矿床或矿体。优越的成矿环境及众多的金矿床(点)是最有

希望取得找矿突破的地区之一。

7.2 赛什克南—叉叉龙洼金成矿远景区

赛什克南—叉叉龙洼金成矿远景区地处柴北缘成矿带东段。本区位于经历了后期构造改造的柴北缘逆冲-走滑构造带,构造活动强烈,发育有多条 NW 向脆性剪切带和 NE 向脆性断裂。区内出露地层主要为古元古界变质岩系和奥陶系滩间山群绿片岩系。加里东期—印支期花岗岩侵入体分布广泛,华力西期—印支期为闪长岩、花岗闪长岩、二长

花岗岩、钾长花岗岩等中—酸性岩类。金矿与华力西期中—酸性侵入岩有关。

区内已发现较多的金矿床(点),构成了赛坝沟金矿化集中区(由拓新沟、乌达热乎、赛坝沟金矿床及多处金矿点组成),以赛坝沟式破碎蚀变岩型金矿为代表。成矿与华力西期中—酸性侵入岩和NW向剪切带关系密切,受丁字口—乌兰断裂影响。金矿体主要产于NE向与NW向断裂的交汇部位,还有NW向韧性剪切带也具有控矿特征。金矿的主要成矿围岩为滩间山群。该区与苏干湖—锡铁山金成矿远景区地质背景类似,有望取得找矿突破。

7.3 祁曼塔格金成矿远景区

祁曼塔格金成矿远景区位于东昆仑弧盆系,地处东昆仑成矿带中段。区内一级断裂为昆北断裂,含矿建造为古元古界金水口岩群大理岩、祁曼塔格群碳酸盐岩,奥陶系滩间山群碳酸盐岩,下石炭统大干沟组和上石炭统绛苏组碳酸盐岩等。矿化蚀变体为印支期花岗岩侵入体与金水口岩群、滩间山群、大干沟组和绛苏组碳酸盐岩接触带的含矿矽卡岩带,这些岩体的侵入不但为成矿带携带了成矿物质,也为成矿提供了热源,使昆北带形成了众多的矽卡岩—热液脉型铁多金属矿化,金成矿共生状态产于其中,金矿规模可达中型。比如,肯德可克铁多金属矿床、它温查汉西铁多金属矿床、拉陵灶火中游铜钼金矿床、哈西亚图铁多金属矿床等以肯德可克式矽卡岩型共生金矿床为代表。该区成矿条件优越,已发现单一及共生金矿床11处,矿床类型以矽卡岩型为主,是找矿方向之一。

7.4 磁铁山—智玉金成矿远景区

磁铁山—智玉金成矿远景区位于东昆仑弧盆系,地处东昆仑成矿带东段。昆北断裂横穿远景区的中西部,昆中断裂为远景区南部的边界断裂,它们组成了区内的一级构造,控制了区内地层、岩浆活动及区域矿产的发育与分布。与一级深断裂配套的区域性大断裂以近EW向和NW向为主,NWW向次之,具有规模大、破碎带宽和多期活动的特征。断裂两侧及其附近发育有多条规模较大的NW向韧性剪切变形构造带,剪切带范围内岩石破碎,碎裂岩化、糜棱岩化、千枚岩化强烈,各类充填型脉岩均很发育,岩石蚀变强烈,是金矿主要的成矿场所。

金成矿具有明显的三级断裂构造系统控矿特征,即俯冲碰撞带的深大断裂系统控制成矿带的展布,区域性断裂系统及区域性韧性剪切带控制矿田的分布,次级断裂和裂隙控制矿床、矿体的就位^[55]。

区内主要出露金水口(岩)群白沙河(岩)组和中元古界小庙组,古生界地层主要分布在昆北构造单元中,地层走向多呈NW向或NWW向,与区域构造线方向基本一致。与破碎蚀变岩型金矿成矿相关的主要为中二叠统布青山群马尔争组,中、下三叠统闹仓坚沟组、洪水川组,岩石组合为灰岩、砂岩、粉砂岩、砂砾岩、砂岩。

昆中带内侵入岩特别发育,是东昆仑岩带的主体,主要由晚华力西期中—酸性岩类组成,次为印支期及加里东期侵入体。昆中带岩浆活动从前寒武纪至印支期均有发生,岩石类型亦较齐全,具有多旋回的特点,其中以华力西期—印支期岩浆活动与区域矿产的生长关系极为密切。区内广泛发育的华力西期—印支期侵入体不但为成矿带携带了成矿物质,同时也为成矿提供了热源。已有的地质—地球化学资料显示,该带中段的一些晚华力西期—印支期侵入杂岩体控制了带内稀有元素—Fe—多金属元素—贵金属元素化探异常的空间分带及矿产地展布。该带物探异常和多金属元素化探异常发育,显示出较多的成矿信息和成矿事实,已存在五龙沟、沟里两处矿集区,现有金矿床(点)近50处,是金矿床成矿有利地段和重要找矿远景区,以五龙沟式破碎蚀变岩型金矿为代表。

7.5 同德—同仁金成矿远景区

同德—同仁金成矿远景区位于秦岭弧盆系,地处西秦岭成矿带西端,控矿一级构造为玛沁—文都断裂。矿床多受近EW向断裂带控制,矿体受层间断裂破碎带控制。主要赋矿地层为三叠系隆务河组、鄂拉山组,成矿条件良好,矿(化)点众多,出现有瓦勒根矿集区、牧羊沟矿集区、谢坑矿集区等,以瓦勒根式破碎蚀变岩型金矿为代表。

在该地区应注意破碎蚀变岩型、矽卡岩型金矿的找矿。金矿化常在次级SN向或近EW向与NW向主构造线交汇区域成矿。容矿岩石多为上古生界—中生界细碎屑岩,局部与印支期—燕山期中—酸性侵入岩有关。

7.6 小 结

上述5个金成矿远景区中,以磁铁山—智玉、苏干湖—锡铁山金成矿远景区的前景更突出,已发现金矿产地众多,成矿信息丰富,金成矿条件十分有利,仍是今后相当长的时间内的主要找矿区域。此外,北祁连、拉脊山、昆仑山口—两湖、达日—年保玉则、扎多—巴颜喀拉等金成矿远景区也是寻找破碎蚀变岩型金矿的重要方向。其中,昆仑山口—两湖、

达日—年保玉则、扎多—巴颜喀拉等金成矿远景区研究程度较低,矿化信息丰富,成矿条件有利,是寻找大场式破碎蚀变岩型金矿的重要方向。

8 结 语

青海金矿床具有类型复杂、成矿时间跨度大、线性分布的特点。金矿成因类型主要为破碎蚀变岩型、海相火山岩型、矽卡岩型、叠加型、砂矿型。构造、地层、岩浆岩等共同控制金矿带的分布及金矿床的定位。岩金矿主要形成于早古生代—中生代,分布于7个Ⅲ级成矿带内,尤其集中分布在北祁连、柴北缘、东昆仑、西秦岭和北巴颜喀拉5个成矿带内。在筛选出的10个金成矿远景区中,苏干湖—锡铁山、赛什克南—叉叉龙洼、祁曼塔格、磁铁山—智玉、同德—同仁等5个金成矿远景区最有前景。

青海省地质矿产勘查开发局潘彤总工程师审阅了本文初稿,在选题及内容格架方面提出了许多宝贵的意见,在此谨致深深的感谢!

参考文献:

References:

- [1] 王科强,牛翠祎,张峰,等.中国大型—超大型金矿床时空分布及其成矿地质背景[J].矿床地质,2008,27(增):63-76.
WANG Ke-qiang, NIU Cui-yi, ZHANG Feng, et al. Temporal-spatial Distribution of Large and Superlarge Gold Deposits in China and Their Metallogenic Geological Background[J]. Mineral Deposits, 2008, 27(S): 63-76.
- [2] 牛翠祎,韩先菊,卿敏.中国金矿矿产预测评价模型及资源潜力分析[J].吉林大学学报:地球科学版,2013,43(4):1210-1222.
NIU Cui-yi, HAN Xian-ju, QING Min. Gold Assessment Models and Gold Resource Potential in China [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2013, 43(4): 1210-1222.
- [3] 牛翠祎.中国金矿床时空分布规律及地质背景[J].矿物学报,2011,31(增):625-627.
NIU Cui-yi. Spatial and Temporal Distribution of Gold Deposits in China and Geological Background[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 31(S): 625-627.
- [4] 张德全,王富春,余宏全,等.柴北缘—东昆仑地区造山型金矿床的三级控矿构造系统[J].中国地质,2007,34(1):92-100.
ZHANG De-quan, WANG Fu-chun, SHE Hong-quan, et al. Three-order Ore-controlling Structural System of Orogenic Gold Deposits in the Northern Qaidam Margin-East Kunlun Region[J]. Geology in China, 2007, 34(1): 92-100.
- [5] 张德全,丰成友,李大新,等.柴北缘—东昆仑地区的造山型金矿床[J].矿床地质,2001,20(2):137-146.
ZHANG De-quan, FENG Cheng-you, LI Da-xin, et al. Orogenic Gold Deposits in the North Qaidam and East Kunlun Orogen, West China [J]. Mineral Deposits, 2001, 20(2): 137-146.
- [6] 丰成友,张德全,李大新,等.青海东昆仑造山型金矿硫、铅同位素地球化学[J].地球学报,2003,24(6):593-598.
FENG Cheng-you, ZHANG De-quan, LI Da-xin, et al. Sulfur and Lead Isotope Geochemistry of the Orogenic Gold Deposits in East Kunlun Area, Qinghai Province [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2003, 24(6): 593-598.
- [7] 张德全,党兴彦,余宏全,等.柴北缘—东昆仑地区造山型金矿床的 Ar-Ar 测年及其地质意义[J].矿床地质,2005,24(2):87-98.
ZHANG De-quan, DANG Xing-yan, SHE Hong-quan, et al. Ar-Ar Dating of Orogenic Gold Deposits in Northern Margin of Qaidam and East Kunlun Mountains and Its Geological Significance[J]. Mineral Deposits, 2005, 24(2): 87-98.
- [8] 张德全,张慧,丰成友,等.柴北缘—东昆仑地区造山型金矿床的流体包裹体研究[J].中国地质,2007,34(5):843-853.
ZHANG De-quan, ZHANG Hui, FENG Cheng-you, et al. Fluid Inclusions in Orogenic Gold Deposits in the Northern Qaidam Margin-East Kunlun Region [J]. Geology in China, 2007, 34(5): 843-853.
- [9] 丰成友.青海东昆仑地区的复合造山过程及造山型金矿床成矿作用[D].北京:中国地质科学院,2002.
FENG Cheng-you. Multiple Orogenic Processes and Mineralization of Orogenic Gold Deposits in the East Kunlun Orogen, Qinghai Province [D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2002.
- [10] 刘增铁,任家琪,杨永征,等.青海金矿[M].北京:地质出版社,2004.
LIU Zeng-tie, REN Jia-qi, YANG Yong-zheng, et al. Qinghai Gold Deposits [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004.
- [11] 潘彤,罗才让,尹有昌,等.青海省金属矿产成矿规律及成矿预测[M].北京:地质出版社,2006.
PAN Tong, LUO Cai-rang, YIN You-chang, et al. Metallogenic Laws and Prospecting of Metal Deposit in Qinghai Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006.
- [12] 徐志刚,陈毓川,王登红,等.中国成矿区带划分方案

- [M]. 北京:地质出版社,2008.
- XU Zhi-gang, CHEN Yu-chuan, WANG Deng-hong, et al. The Division Scheme of Mineralization Zones in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008.
- [13] 王登红,徐志刚,盛继福,等. 全国重要矿产和区域成矿规律研究进展综述[J]. 地质学报, 2014, 88(12): 2176-2191.
- WANG Deng-hong, XU Zhi-gang, SHENG Ji-fu, et al. Progress on the Study of Regularity of Major Mineral Resources and Regional Metallogenic Regularity in China: A Review[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(12): 2176-2191.
- [14] 王登红,应立娟,王成辉,等. 中国贵金属矿床的基本成矿规律与找矿方向[J]. 地学前缘, 2007, 14(5): 71-81.
- WANG Deng-hong, YING Li-juan, WANG Cheng-hui, et al. Basic Patterns of Metallogenesis of Precious Metal Deposits in China and Vectors for Prospecting[J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(5): 71-81.
- [15] 王成辉,王登红,黄凡,等. 中国金矿集区及其资源潜力探讨[J]. 中国地质, 2012, 39(5): 1125-1142.
- WANG Cheng-hui, WANG Deng-hong, HUANG Fan, et al. The Major Gold Concentration Areas in China and Their Resource Potentials[J]. Geology in China, 2012, 39(5): 1125-1142.
- [16] 王成辉,徐珏,黄凡,等. 中国金矿资源特征及成矿规律概要[J]. 地质学报, 2014, 88(12): 2316-2325.
- WANG Cheng-hui, XU Jue, HUANG Fan, et al. Resources Characteristics and Outline of Regional Metallogeny of Gold Deposits in China[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(12): 2316-2325.
- [17] 潘彤. 青海成矿单元划分[J]. 地球科学与环境学报, 2017, 39(1): 16-30.
- PAN Tong. Classification of Metallogenic Units in Qinghai, China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2017, 39(1): 16-30.
- [18] 钱壮志,胡正国,李厚民. 东昆仑中带印支期浅成—超浅成岩浆岩及其构造环境[J]. 矿物岩石, 2000, 20(2): 14-18.
- QIAN Zhuang-zhi, HU Zheng-guo, LI Hou-min. Petrology and Tectonic Environment of Indosinian Hypabyssal Rock in the Middle Belt of East Kunlun Mountains[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2000, 20(2): 14-18.
- [19] 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.
- QIAN Zhuang-zhi, HU Zheng-guo, LI Hou-min, et al. Ore-forming Characteristics and Metallogenic Model of Gold Deposit in the Central Belt of East Kunlun Mountains[J]. Mineral Deposits, 2000, 19(4): 315-321.
- [20] 赵俊伟. 青海东昆仑造山带造山型金矿床成矿系列研究[D]. 长春:吉林大学, 2008.
- ZHAO Jun-wei. Study on Orogenic Gold Metallogenic Series in Eastern Kunlun Orogenic Belt, Qinghai Province[D]. Changchun: Jilin University, 2008.
- [21] 田承胜. 东昆仑中段五龙沟矿集区金矿成矿作用及成矿预测研究[D]. 北京:中国地质大学, 2012.
- TIAN Cheng-sheng. Research on Gold Mineralization and Metallogenic Prognosis in Wulonggou Ore Concentration Areas, the Middle Part of East Kunlun[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2012.
- [22] 寇林林,张森,钟康惠,等. 东昆仑五龙沟金矿集区韧性剪切带构造变形特点研究[J]. 中国地质, 2015, 42(2): 495-503.
- KOU Lin-lin, ZHANG Sen, ZHONG Kang-hui, et al. A Study of the Deformation Characteristics of the Ductile Shear Zone in the Wulonggou Gold Ore Concentration Area, East Kunlun, Qinghai[J]. Geology in China, 2015, 42(2): 495-503.
- [23] 陆露,张延林,吴珍汉,等. 青海省都兰县五龙沟金矿主断裂带断层泥 K-Ar 定年[J]. 地质力学学报, 2013, 19(4): 385-391, 446.
- LU Lu, ZHANG Yan-lin, WU Zhen-han, et al. K-Ar Dating of Fault Gouge from the Main Fault of Wulonggou Gold Deposit in Dulan, Qinghai Province[J]. Journal of Geomechanics, 2013, 19(4): 385-391, 446.
- [24] 邹长毅,史长义. 五龙沟金矿区域地球化学异常特征及找矿标志[J]. 中国地质, 2004, 31(4): 420-423.
- ZOU Chang-yi, SHI Chang-yi. Characteristics of Regional Geochemical Anomalies and Ore Indications in the Wulonggou Gold Deposit[J]. Geology in China, 2004, 31(4): 420-423.
- [25] 李厚民,沈远超,胡正国,等. 青海东昆仑五龙沟金矿床成矿条件及成矿机理[J]. 地质与勘探, 2001, 37(1): 65-69.
- LI Hou-min, SHEN Yuan-chao, HU Zheng-guo, et al. Metallogenic Mechanism and Condition of Wulonggou Gold Deposit in East Kunlun Mountains, Qinghai Province[J]. Geology and Prospecting, 2001, 37(1): 65-69.
- [26] 王冠. 青海果洛龙洼金矿床地质特征及成因探讨[D]. 长春:吉林大学, 2012.
- WANG Guan. Study on Geological Characteristics and Genesis of Guoluolongwa Gold Deposit in Qinghai Province[D]. Changchun: Jilin University, 2012.
- [27] 张激悟. 青海东昆仑沟里地区阿斯哈金矿床元素地球化学特征与成矿分析[D]. 昆明:昆明理工大学, 2013.

- ZHANG Ji-wu. Element Geochemistry and Mineralization Analysis of Asiha Gold Deposit in Gouli Area of East Kunlun, Qinghai[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2013.
- [28] 肖 晔, 丰成友, 李大新, 等. 青海省果洛龙洼金矿区年代学研究及流体包裹体特征[J]. 地质学报, 2014, 88(5): 895-902.
- XIAO Ye, FENG Cheng-you, LI Da-xin, et al. Chronology and Fluid Inclusions of the Guoluolongwa Gold Deposit in Qinghai Province[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(5): 895-902.
- [29] 赖健清, 鞠培姣, 周 凤. 青海省果洛龙洼金矿多成因成矿作用[J]. 中国有色金属学报, 2016, 26(2): 402-414.
- LAI Jian-qing, JU Pei-jiao, ZHOU Feng. Polygenetic Compound Mineralization of Guoluolongwa Gold Deposit in Qinghai Province, China [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2016, 26(2): 402-414.
- [30] 张 涛. 青海双朋西一斜长支沟地区金矿成矿地质条件及成矿规律[J]. 西北地质, 2007, 40(3): 62-66.
- ZHANG Tao. Ore-forming Conditions and Metallogeny of Gold Deposits in Shuangpengxi-Xiechangzhigou, Qinghai Province[J]. Northwestern Geology, 2007, 40(3): 62-66.
- [31] 闫 臻, 胡正国, 刘继庆, 等. 东昆仑开荒北金矿床地质特征及控矿条件[J]. 西安工程学院学报, 2000, 22(1): 23-27.
- YAN Zhen, HU Zheng-guo, LIU Ji-qing, et al. Geological Characteristics and Ore-control Factors of Kaihuangbei Gold Deposit in Eastern Kunlun Mountain[J]. Journal of Xi'an Engineering University, 2000, 22(1): 23-27.
- [32] 陈苏龙, 马国栋, 李玉莲, 等. 青海省泽库县瓦勒根金矿床地质特征及成因分析[J]. 西北地质, 2015, 48(4): 168-175.
- CHEN Su-long, MA Guo-dong, LI Yu-lian, et al. Geological Characteristics and Origin Analysis for Walegen Gold Deposits in Zeku County, Qinghai, China [J]. Northwestern Geology, 2015, 48(4): 168-175.
- [33] 赵财胜, 赵俊伟, 孙丰月, 等. 青海大场金矿床地质特征及成因探讨[J]. 矿床地质, 2009, 28(3): 345-356.
- ZHAO Cai-sheng, ZHAO Jun-wei, SUN Feng-yue, et al. A Discussion on Geological Characteristics and Genesis of Dachang Gold Deposit in Qinghai Province[J]. Mineral Deposits, 2009, 28(3): 345-356.
- [34] 伊有昌, 陈树云, 文雪峰. 青海北祁连松树南沟造山型金矿床地质特征及矿床成因[J]. 黄金, 2006, 27(10): 16-19.
- YI You-chang, CHEN Shu-yun, WEN Xue-feng. Geological Characteristics and Metallogeny of the Songshunangou Orogenic Deposit in Northern Qilianshan, Qinghai[J]. Gold, 2006, 27(10): 16-19.
- [35] 郭现轻, 闫 臻, 王宗起, 等. 西秦岭谢坑砂卡岩型铜金矿床地质特征与矿区岩浆岩年代学研究[J]. 岩石学报, 2011, 27(12): 3811-3822.
- GUO Xian-qing, YAN Zhen, WANG Zong-qi, et al. Geological Characteristics and Associated Magmatic Ages of the Xiekeng Skarn-type Cu-Au Deposit in the West Qinling Terrane[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(12): 3811-3822.
- [36] 赵财胜. 青海东昆仑造山带金、银成矿作用[D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- ZHAO Cai-sheng. Gold, Silver Metallogeny in Eastern Kunlun Orogenic Belt, Qinghai Province[D]. Changchun: Jilin University, 2004.
- [37] 李世金. 祁连造山带地球动力学演化与内生金属矿产成矿作用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- LI Shi-jin. Geodynamic Evolution of Qilian Orogenic Belt and Metallogenesis of Endogenous Metals[D]. Changchun: Jilin University, 2011.
- [38] 张博文. 青海南祁连造山带内生金属矿床成矿作用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2010.
- ZHANG Bo-wen. Study on Metalliferous Deposits Mineralization in Southern Qilian Orogenic Belt, Qinghai Province[D]. Changchun: Jilin University, 2010.
- [39] 丁清峰, 王 冠, 孙丰月, 等. 青海省曲麻莱县大场金矿床成矿流体演化: 来自流体包裹体研究和毒砂地温计的证据[J]. 岩石学报, 2010, 26(12): 3709-3719.
- DING Qing-feng, WANG Guan, SUN Feng-yue, et al. Ore-forming Fluid Evolution of Dachang Gold Deposit in Qumalai County, Qinghai Province: Evidence from Fluid Inclusion Study and Arsenopyrite Geothermometer [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(12): 3709-3719.
- [40] 郭跃进. 青海东昆仑东段果洛龙洼金矿床地球化学特征与成矿模式[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2011.
- GUO Yue-jin. Geochemical Characteristics and Metallogenic Model of Guoluolongwa Gold Deposit in East Kunlun, Qinghai Province[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2011.
- [41] 毛景文, 周振华, 丰成友, 等. 初论中国三叠纪大规模成矿作用及其动力学背景[J]. 中国地质, 2012, 39(6): 1437-1458.
- MAO Jing-wen, ZHOU Zhen-hua, FENG Cheng-you, et al. A Preliminary Study of the Triassic Large-scale Mineralization in China and Its Geodynamic Setting

- [J]. *Geology in China*, 2012, 39(6): 1437-1458.
- [42] 田立明. 青海东昆仑成矿带区域地球化学数据处理及靶区优选[D]. 武汉: 中国地质大学, 2017.
TIAN Li-ming. *Geochemical Data Processing and Targets Optimization in Eastern Kunlun Orogenic Belt, Qinghai Province, China*[D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2017.
- [43] 李金超. 青海东昆仑地区金矿成矿规律及成矿预测[D]. 西安: 长安大学, 2017.
LI Jin-chao. *Metallogenic Regularity and Metallogenic Prognosis of Gold Deposit in the East Kunlun Orogen, Qinghai Province*[D]. Xi'an: Chang'an University, 2017.
- [44] 张德全, 张 慧, 丰成友, 等. 青海滩间山金矿的复合金成矿作用: 来自流体包裹体方面的证据[J]. *矿床地质*, 2007, 26(5): 519-526.
ZHANG De-quan, ZHANG Hui, FENG Cheng-you, et al. Multiple Gold Mineralization in Tanjianshan Gold Deposit: Evidence from Fluid Inclusions[J]. *Mineral Deposits*, 2007, 26(5): 519-526.
- [45] 丰成友, 张德全, 余宏全, 等. 韧性剪切构造演化及其对金成矿的制约: 以青海野骆驼泉金矿为例[J]. *矿床地质*, 2002, 21(增): 582-585.
FENG Cheng-you, ZHANG De-quan, SHE Hong-quan, et al. Structural Evolution of Ductile Shear Belt and Its Constraints on Gold Mineralizations: Exemplified by Yeluotuoquan Gold Deposit, Qinghai Province[J]. *Mineral Deposits*, 2002, 21(S): 582-585.
- [46] 崔艳合, 张德全, 李大新, 等. 青海滩间山金矿床地质地球化学及成因机制[J]. *矿床地质*, 2000, 19(3): 211-221.
CUI Yan-he, ZHANG De-quan, LI Da-xin, et al. *Geology, Geochemistry and Genesis of the Tanjianshan Gold Deposit, Qinghai Province*[J]. *Mineral Deposits*, 2000, 19(3): 211-221.
- [47] 于凤池, 马国良, 魏刚锋, 等. 青海滩间山金矿床地质特征和控矿因素分析[J]. *矿床地质*, 1998, 17(1): 47-56.
YU Feng-chi, MA Guo-liang, WEI Gang-feng, et al. Geological Characteristics and Ore-controlling Factor of the Tanjianshan Gold Deposit, Qinghai Province[J]. *Mineral Deposits*, 1998, 17(1): 47-56.
- [48] 李 杰, 杨鸿鹏, 田永革, 等. 青海天重峡金矿地球化学特征及矿床成因[J]. *矿产勘查*, 2017, 8(5): 826-831.
LI Jie, YANG Hong-peng, TIAN Yong-ge, et al. *Geochemical Characteristics and Genesis of the Tianchongxia Gold Deposit, Qinghai*[J]. *Mineral Exploration*, 2017, 8(5): 826-831.
- [49] 杜占美, 董想平. 青海骆驼河金矿成矿特征及矿床成因浅析[J]. *黄金科学技术*, 2011, 19(4): 49-52.
DU Zhan-mei, DONG Xiang-ping. Analysis on the Metallogenic Characteristics and Genesis of Luotuohe Gold Mine, Qinghai Province[J]. *Gold Science and Technology*, 2011, 19(4): 49-52.
- [50] 邹定喜, 杨小斌, 芦文泉. 青海果洛龙洼金矿床同位素特征及成因[J]. *黄金科学技术*, 2011, 19(2): 26-30.
ZOU Ding-xi, YANG Xiao-bin, LU Wen-quan. Isotope Characteristic and Ore Genesis of Guoluolongwa Gold Deposit in Qinghai Province[J]. *Gold Science and Technology*, 2011, 19(2): 26-30.
- [51] 闫家盼, 张文华, 张艳春, 等. 青海加吾金矿带成矿条件及找矿远景浅析[J]. *黄金科学技术*, 2011, 19(2): 35-40.
YAN Jia-pan, ZHANG Wen-hua, ZHANG Yan-chun, et al. Metallogenic Conditions and Prospecting Potential of Jiawu Gold Belt, Qinghai Province[J]. *Gold Science and Technology*, 2011, 19(2): 35-40.
- [52] 张 楠, 林龙华, 管 波, 等. 青海抗得弄舍金-多金属矿床的成矿流体及物质来源研究[J]. *矿床地质*, 2012, 31(增): 691-692.
ZHANG Nan, LIN Long-hua, GUAN Bo, et al. Studies on the Metallogenic Fluid and Material Sources of Kangdenongshe Gold-polymetallic Ore Deposit in Qinghai Province[J]. *Mineral Deposits*, 2012, 31(S): 691-692.
- [53] 夏 锐, 邓 军, 卿 敏, 等. 青海大场金矿田矿床成因: 流体包裹体地球化学及 H-O 同位素的约束[J]. *岩石学报*, 2013, 29(4): 1358-1376.
XIA Rui, DENG Jun, QING Min, et al. The Genesis of the Dachang Gold Ore Field in Qinghai Province: Constraints on Fluid Inclusion Geochemistry and H-O Isotopes [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2013, 29(4): 1358-1376.
- [54] 边 飞, 吴柏林, 高永旺, 等. 青海扎日加花岗岩地球化学、锆石 LA-ICP-MSU-Pb 定年及地质意义[J]. *矿床地质*, 2013, 32(3): 625-640.
BIAN Fei, WU Bo-lin, GAO Yong-wang, et al. Geochemistry, Zircon LA-ICP-MS U-Pb Dating and Geological Significance of Zharijia Granitoids in Dachang Area, Qinghai Province[J]. *Mineral Deposits*, 2013, 32(3): 625-640.
- [55] 朱永峰. 克拉通和古生代造山带中的韧性剪切带型金矿: 金矿成矿条件与成矿环境分析[J]. *矿床地质*, 2004, 23(4): 509-519.
ZHU Yong-feng. Ductile-shear Zone Related Gold Deposits in Craton and Paleozoic Orogenic Belt: An Analysis of Their Ore-forming Processes and Environments[J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23(4): 509-519.