

# 西秦岭成矿带成矿系列、成矿规律与找矿方向

王 雷

青海省第一地质勘查院, 青海海东 810600

**摘 要:** 青海省西秦岭成矿带成矿条件优越, 成矿带内金、铜、汞、钨、锑、砷、石灰岩等矿产主要分布在青海南山—泽库 Au-Ag-Cu-Pb-Zn-W-Sb-Fe-As-石墨-花岗岩-盐类-干热岩成矿亚带(IV-28-2)和苦海—作母沟 Hg-Au-Pb-Zn-Sb-W-泥炭成矿亚带(IV-28-3)内。金属矿产空间展布上主要产出于构造活动强烈, 深大断裂活动、火山活动、中酸性岩浆侵入活动和沉积地层变形-变质改造较为普遍的地区。并呈现出区域集中、带状、近等距性分布的特点。研究区内 34 个矿种的成因类型以岩浆作用矿床和含矿流体作用矿床为主, 其次为沉积作用矿床, 成矿时代以三叠纪和第四纪为主, 石炭纪—三叠纪古特提斯洋演化阶段形成了以接触交代型、岩浆热液型金(银)、铜、铅锌、钨、锑, 浅成中-低温热液型金、锑、铜、铅锌、汞、砷为主的内生矿床, 以化学沉积型石灰岩为主的外生矿床。以区内地质构造演化与成矿时空分布特点为基础, 依据成矿系列理论, 共厘定出西秦岭成矿带成矿系列组 3 个, 矿床成矿系列 9 个, 矿床成矿亚系列 12 个, 矿床式 13 个。在成矿远景区的基础上进一步指出了区内的找矿方向。

**关键词:** 矿产资源; 矿床类型; 成矿时代; 成矿规律; 成矿系列; 成矿远景; 青海; 西秦岭

中图分类号: P612 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2022.090601

## Metallogenic Series, Regularity and Prospecting the Direction of the West Qinling Metallogenic Belt

WANG Lei

The First Geological Exploration Institute of Qinghai Province, Haidong, Qinghai 810600

**Abstract:** The metallogenic conditions of west Qinling metallogenic belt in Qinghai Province are abundant. Gold, copper, mercury, tungsten, antimony, arsenic, and limestone are mainly distributed in the Qinghainanshan-Zeku Au-Ag-Cu-Pb-Zn-W-Sb-Fe-As-graphite-granite-salt-dry-hot rock metallogenic subzone(IV-28-2) and Kuhai-Zuomugou Hg-Au-Pb-Zn-Sb-W-peat metallogenic Ore subzone(IV-28-3). Predominantly, metal minerals are produced in areas with strong tectonic, deep and large fault, volcanic, and intermediate-acid magmatic intrusion activities, as well as deformation-metamorphism transformation of sedimentary strata. Accentuating characteristics of regional concentration, banded, and equidistant distribution. The main genetic types of 34 minerals within west Qinling are: magmatic and ore-bearing fluid deposits, secondary sedimentary deposits, metallogenic epoch is mainly Triassic and Quaternary, Carboniferous to Triassic Paleotethyan evolution stage formed contact metasomatism, magmatic hydrothermal gold (silver), copper, lead-zinc, and tungsten. Epigenetic meso-cryogenic hydrothermal deposits are abundantly contained Au, Sb, Cu, Pb, Zn, Hg and As, whereas epigenetic deposits are dominated by chemically deposited limestone. The evolution of geological structure, the spatial and temporal distribution of mineralization in the area, and the theory of metallogenic series suggest three metallogenic series groups, nine ore deposit series, 12 ore deposit subseries and 13 ore deposit types are located in the west Qinling metallogenic belt. Metallogenic prospective areas highlight the prospecting direction in the district for further explorations.

本文由中国地质调查局“中国矿产地志”项目(编号: DD20221695-22; DD20190379-23; DD20160346)和青海省财政资金项目“青海省矿产地志编制”(编号: 2021074007ky007)联合资助。

收稿日期: 2022-08-22; 改回日期: 2022-09-01; 网络首发日期: 2022-09-07。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 王雷, 男, 1984 年生。本科, 高级工程师。长期从事区域成矿规律、成矿预测等研究工作。E-mail: 407109903@qq.com。

**Key words:** mineral resources; deposit types; metallogenic epoch; metallogenic regularity; metallogenic series; metallogenic prospect; Qinghai; West Qinling

西秦岭造山带位于秦岭造山带西延,是中央造山带的重要组成部分之一(张英利和王宗起,2011),经历了漫长的地质演化过程,复杂的地质构造格架,优越的成矿地质条件,孕育了西秦岭成矿带丰富多样的矿产资源。本次研究区范围位于青海省境内,北界西端为大柴旦镇以北的鱼卡河,向东经德令哈市北的宗务隆山、黑马河、倒淌河至尖扎县以南的能科,向东延入甘肃省境内;南界西起大柴旦镇北、向东经德令哈市北、茶卡镇以南的哇玉香卡、兴海县北东的尕马羊曲、赛什塘、冬给措纳湖以东的那尔扎,沿阿尼玛卿山北坡经玛沁、赛尔龙,向东延入甘肃省碌曲县。

研究区内通过多年的地质找矿工作,已发现243处矿点及以上规模的矿产地,在青海省各成矿区带中占有举足轻重的地位。但青海省内针对西秦岭成矿带的成矿规律、成矿系列公开研究成果较少。本文在《中国矿产地质志·青海卷》研编基础上,详细梳理了研究区内的矿产资源总貌,总结了区域成矿规律,并对区域成矿系列进行了探讨;同时对区内的找矿前景及找矿方向提出了建议,以期为进一步找矿工作提供理论依据。

## 1 区域成矿地质背景

青海省西秦岭成矿带位于青藏高原东北部,北邻祁连造山带,西邻昆仑造山带和柴达木地块,南邻松潘—甘孜造山带和华南板块(图1),大地构造单元归属于秦祁昆造山系,涉及宗务隆山陆缘裂谷带、泽库复合型前陆盆地、西倾山-南秦岭被动陆缘3个三级构造单元(冯益民等,2003;张雪亭和杨生德,2007;潘桂堂等,2009)。按照造山带孤盆体系结构差异及成矿作用时空演化规律,结合前人(徐志刚等,2008;潘彤,2019)方案在西秦岭成矿带内进一步划分出4个成矿亚带和8个矿集区(图1、表1)。

成矿带内主体组分为覆盖在华力西褶皱基底之上的早、中三叠世沉积的活动型地层,是中三叠世晚期或期末闭合形成的造山亚带,其上为造山期后重力均衡过程产生的晚三叠世大陆型火山喷发形成的火山岩地层所覆。北部广泛分布同造山期和期后的三叠纪、侏罗纪以花岗岩类为主的岩浆侵入活动。

研究区地层除缺失下古生界外,从上古生界至新生界均有出露,以中—新生代广泛分布为特点。古元古界分布范围较小,仅在德令哈东侧的黑石山一带有零星出露,为一套变质程度较高的变质岩系;石炭系—二叠系则呈近东西向条带状由大柴旦北山

起,沿宗务隆山主脊向东延伸,直到青海南山,为裂谷盆地海相碳酸盐沉积建造;三叠系沉积地层分布最为广泛,约占研究区面积的1/2,主要为半深海—滨浅海的沉积建造;侏罗系仅在西部与东昆仑成矿带交接部位有零星出露,属断陷盆地含煤碎屑岩建造;古近系仅在贵德—尖扎的北东的成矿带边缘有零星分布,为一套粗-细不等的红色碎屑岩组合;第四系则广泛分布于研究区各盆地内及周缘山前、河谷地带,属河湖相沉积。

西秦岭成矿带内断裂属于秦祁昆断裂系,断裂主体为走向北西西—近东西向逆冲兼走滑断裂,一些北西向和北东向的走滑断裂(如哇洪山—温泉断裂和玛沁—文都断裂)和近南北向的伸展断裂(如多禾茂断裂)居从属地位。昆南断裂和青海南山断裂属于区域中央造山带西段南北两条巨型缝合带的主断裂,向东可分别与勉略和商丹构造带相连,属于超岩石圈断裂或岩石圈断裂。其余的区域性大断裂、走滑断裂等为次级构造分区的边界断裂。深大断裂通常构成相邻构造单元的界线,限制着不同类型的沉积建造和岩浆建造大致范围,从而也制约着不同类型的成矿作用和成矿带的空间分布(张国伟等,2001)。

区内从元古代开始,到石炭—二叠纪至中晚三叠世为岩浆活动的高峰期,至燕山早期岩浆活动减弱。侵入岩与火山岩既各具特点,又相互依存,构成多条构造岩浆活动带。以岩浆活动期次频繁,时代跨度大,且明显受区域构造的控制为特点,其中以印支期岩浆活动最为频繁且强烈。期间集中产出大量的有色金属、贵金属矿产资源。此外区域的陆相火山活动作用也形成了一定数量的铜、铅、锌、金、铁等矿产。

变质作用主要集中于晚古生代及中生代,以华力西期—印支期岩浆侵入接触交代变质较为普遍,伴随出现较多的接触交代型金及多金属矿产。并有零星的变成型、受变质型非金属矿产产出。

## 2 区域成矿规律

### 2.1 矿产资源分布特征

截至2020年底,青海省西秦岭成矿带内共计发现矿产地243处,按矿种分类划分有能源矿产21处(全省占比7.8%),黑色金属矿产10处(占比3.0%),有色金属矿产76处(占比13.2%),贵金属矿产48处(占比13.2%),稀有金属矿产2处(占比8.6%),矿物类非金属矿产22处(占比5.4%),岩石(土)类非金

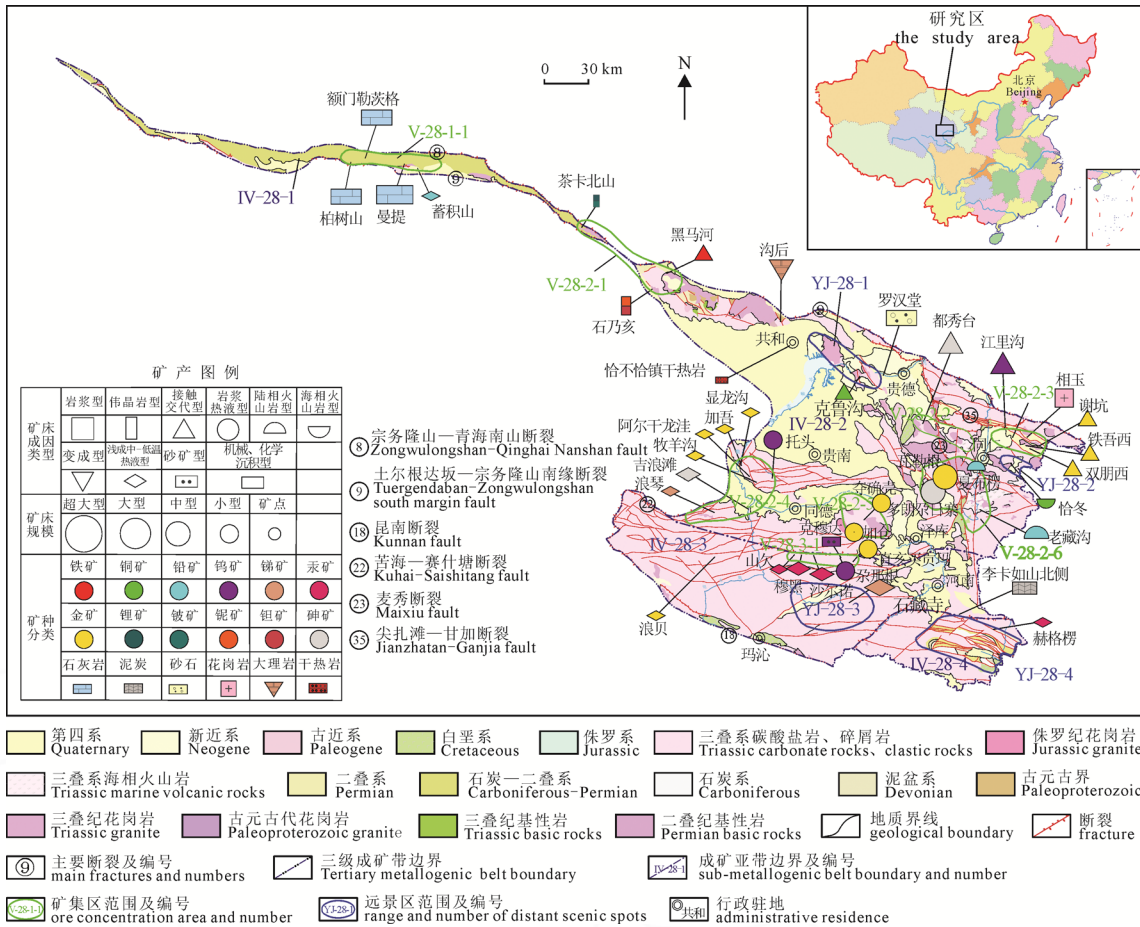


图 1 西秦岭成矿带地质矿产简图  
Fig. 1 Geological and mineral sketch of West Qinling metallogenic belt

表 1 西秦岭成矿带成矿单元划分表  
Table 1 Division of Metallogenic Units in West Qinling metallogenic belt

| 成矿带                                                                               | 成矿亚带                                                            | 矿集区                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| III-28 西秦岭<br>Au-Pb-Zn-Cu(Fe)-<br>Hg-W-Sb-As-干<br>热岩-石灰岩-大<br>理岩-花岗岩-盐<br>类-泥炭成矿带 | IV-28-1 宗务隆 Pb-Zn-Au-稀有-石灰岩-花岗岩-大理岩成矿亚带                         | V-28-1-1 宗务隆石灰岩矿集区          |
|                                                                                   | IV-28-2 青海南山—泽库 Au-Ag-Cu-Pb-Zn-W-Sb-Fe-As-石墨-花岗<br>岩-盐类-干热岩成矿亚带 | V-28-2-1 青海南山 Fe-稀有金属矿集区    |
|                                                                                   |                                                                 | V-28-2-2 都秀台—夏布楞多金属矿集区      |
|                                                                                   |                                                                 | V-28-2-3 双朋西 Au-Cu-W 多金属矿集区 |
|                                                                                   |                                                                 | V-28-2-4 吉浪滩地区 Au 及多金属矿集区   |
|                                                                                   |                                                                 | V-28-2-5 夺确壳 Au 及多金属矿集区     |
|                                                                                   | IV-28-3 苦海—作母沟 Hg-Au- Pb-Zn-Sb-W-泥炭成矿亚带                         | V-28-2-6 瓦勒根 Au 及多金属矿集区     |
|                                                                                   | IV-28-4 西倾山 Hg-Sb(Au)成矿亚带                                       | V-28-3-1 穆黑沟地区 Hg 及多金属矿集区   |

属矿产 50 处(占比 11.9%), 水气矿产 14 处(占比 10.6%)。包含超大型矿床 1 处、大型矿床 5 处、中型矿床 16 处、小型矿床 41 处(矿床总占比 25.93%), 矿点 180 处(青海省自然资源厅, 2021)。涉及矿种 34 种, 金属矿产以金、铜、汞、钨、锑为主; 矿物类非金属矿产以砷等为优势矿种; 岩石(土)类非金属矿产以石灰岩矿产地数量和成矿率最高, 且矿产地规模较大。其次大理岩和泥炭矿产也占一定优势。在共和-贵德盆地中近年钻获的干热岩位列“2021 年度地质调查十大进展”之首。

(1) 种类分布特征: 目前青海省西秦岭成矿带

共发现矿种 34 种, 其中能源矿产 4 种, 以干热岩为特色矿种; 黑色金属 1 种; 有色金属 6 种; 贵金属 2 种; 稀有金属 4 种; 矿物类非金属矿产 6 种; 岩石(土)类非金属矿产 9 种; 水气矿产 2 种。

(2) 成矿时代分布特征: 受青海省西秦岭成矿带整体工作程度的限制, 研究区内多数矿产地成矿时代均在“青海省矿产资源潜力评价”工作成果(祁生胜等, 2013)基础上, 结合矿产地成因及产出地质体时代初步确定具体矿产地的成矿时代。经数据统计: 西秦岭成矿带成矿时代跨度大且相对集中, 根据已发现的 243 处矿产地成矿时代统计, 以石炭纪

—三叠纪产出最多(188处, 占比 77.4%), 其次为新生代(50处, 占比 20.6%)。形成了以三叠纪为主成矿期的不对称分布规律。反映出青海省西秦岭成矿带的矿产地多为中生代的产物。

(3)空间分布特征: 西秦岭成矿带内 243 处矿产地不均匀的分布于 4 个成矿亚带中, 矿产地数量以 IV-28-2 青海南山—泽库成矿亚带内最多(172 处), 其次是 IV-28-3 苦海—柯生成矿亚带(36 处), IV-28-1 宗务隆成矿亚带(29 处), IV-28-4 西倾山(6 处)。

从整个青海省西秦岭成矿带内的矿产分布情况看, 主体位于泽库复合型前陆盆地的 IV-28-2 青海南山—泽库成矿亚带成矿地质背景优越, 内生矿床多与洋陆转换阶段强烈的岩浆活动有关, 与岩浆成矿作用密切相关的矿产地产出众多。其中 IV-28-2 青海南山—泽库成矿亚带与岩浆成矿作用有关的矿床类型有 6 种, 以岩浆热液型和接触交代型为主, 接触交代型同仁县双朋西金铜矿、同仁县江里沟钨钼矿, 岩浆热液型泽库县瓦勒根金矿、泽库县多朗尕日寨砷铅银矿、兴海县尕科合银砷矿, 陆相火山岩泽库县老藏沟铅锌锡矿等 18 处矿床均产于该成矿亚带。

矿产地空间分布上总体表现为区域性集中分布、带状、近等距性分布的特征: ①多数非金属大中型矿产地多集中分布于宗务隆地区; 金属矿床则集中产于同仁—泽库地区; 同德周边也有一定数量的金及多金属产出。②带状分布表现为由北向南的近平行分布特征, 依次为黑马河—同仁刚察接触交代型—岩浆热液型—浅成中低温热液型金及多金属成矿区, 成矿元素主要为 Au-As-W-Sn-Mo-Fe 等; 牧羊沟—加吾—瓦勒根金成矿区, 成矿元素为 Au-Cu-Pb-Zn-Ag-W-As 等; 浪贝—西倾山汞锑金成矿区, 成矿元素为 Hg-Sb-Au-As-W。③区域上 EW 向与 NW 向某一区域发育聚集有大量矿床点, 而在 NW 向、EW 向和 NE 向则以 30~50 km 作近似等间距分布, 等间距规律表现为北东向, 等间距为 20~40 km; NW 向, 等间距为 15~30 km; 近东西向, 等间距为 15~35 km(路英川, 2016)。

## 2.2 矿床类型

根据成矿地质背景, 典型矿床地质特征, 矿产分布规律等资料, 将西秦岭成矿带内矿床类型厘定为 14 种, 其中重要类型 3 种(岩浆热液型、接触交代型和浅成中-低温热液型); 主要类型 2 种(化学沉积型和陆相火山岩型); 次要类型 9 种(岩浆型、伟晶岩型、海相火山岩型、变成型、受变质型、砂矿型、机械沉积型、蒸发沉积型和生物化学沉积型)。岩浆作用矿产地以岩浆热液型和接触交代型矿床最为重要(共计矿产地 74 处, 占比 30.5%), 含矿流体作用

矿产地有 88 处, 占比 36.2%。化学沉积型矿床则是沉积作用矿床中较为重要的矿床类型。

## 2.3 成矿控制因素

研究区成矿控制因素主要沉积建造、构造和岩浆活动三个方面的因素。这三种因素在不同成因类型的矿产成矿过程中, 分别起着不同的控制作用。

### (1)沉积建造

成矿过程与含矿岩系的产生和演化过程密切相关。含矿岩系既是成矿物质来源的矿源层之一, 同时又是矿床的围岩, 在成矿过程中起着非常重要的作用。同仁地区多数接触交代型金及多金属矿床产于中—下二叠统大关山组中, 而中—三叠统隆务河组和中三叠统古浪堤组分布广泛, 层内也有大量各种类型的多金属和沉积型非金属产出。值得指出的是, 有研究表明茶卡北山伟晶岩源区最可能是来自全吉地块变质基底达肯大坂岩群(王秉璋等, 2020)。结合区域矿产分布和产出特征, 沉积建造对区域成矿的控制因素如图 2 所示。

### (2)构造因素

从西秦岭总体构造格局及矿产分布情况看, 构造对各类矿床的形成不但有着重要的控制作用, 而且是直接控制矿化富集空间的主要因素(张宏飞等, 2006)。区域上北西西向深大断裂和大型剪切带是主要控岩、导矿构造, 北西西、北西向次级褶皱和断裂通常为控矿和容矿构造。构造与成矿的关系, 可概括的分为两类, 区域构造与成矿和矿田构造与成矿。

深大断裂通常构成相邻构造单元的界线, 限制着不同类型的沉积建造和岩浆建造大致范围, 从而也制约着不同类型的成矿作用和成矿单元的空间分布。研究区内分布有多条区域性的控岩控矿深大断裂, 主体构造线方向为近东西—北西西向, 主要有宗务隆山—青海南山断裂、土尔根达坂—宗务隆山南缘断裂、昆南断裂、苦海—赛什塘断裂、麦秀断裂等, 以压性为主, 兼有走滑性质。较为醒目的还分布有一些北北西—北北东走向的断裂带, 主要有哇洪山—温泉断裂、多禾茂断裂和玛沁—文都断裂, 以走滑为主, 兼有挤压或伸展性质。不同方向的断裂均具有多期构造叠加复合特征。这些深大断裂在华力西—印支期的强烈活动, 构成导岩、导矿构造, 控制着中酸性岩浆侵入和喷出, 以及与它们有关的接触交代型、陆相火山岩型、岩浆期后热液型矿床的形成。

矿田构造包括次级断裂构造、褶皱构造和侵入体接触带构造等, 其中与区域深大断裂配套的次级断裂构造, 控制着矿田、矿床、矿体和矿脉的分布范围、产出部位和延伸方向, 可以构成导矿、容矿

| 地质年代            | 宗务隆—泽库          |                                        | 西倾山                                                         |                   | 成矿元素                            | 矿床类型                  |
|-----------------|-----------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
|                 | 构造地层            | 建造类型                                   | 构造地层                                                        | 建造类型              |                                 |                       |
| QZ              | Q               |                                        |                                                             |                   | 砂金-砂钨-泥炭                        | 砂矿型、生物化学沉积型           |
|                 | N <sub>2</sub>  | N <sub>2</sub> l<br>N <sub>1</sub> x   |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | E <sub>3</sub>  | Ex                                     |                                                             |                   | 石膏-黏土                           | 蒸发沉积型<br>机械沉积型        |
|                 | E <sub>2</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
| MZ              | K <sub>1</sub>  | K <sub>1</sub> d                       | K <sub>1</sub> w                                            | 山麓河湖相红色为主杂色陆屑建造   | Cu                              | 陆相火山岩型                |
|                 | J <sub>3</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | J <sub>2</sub>  | J <sub>1-2</sub> yq                    |                                                             |                   | 煤                               | 生物化学沉积型               |
|                 | J <sub>1</sub>  |                                        |                                                             |                   | Pb-Zn                           | 陆相火山岩型                |
| T               | T <sub>3</sub>  | T <sub>3</sub> D                       |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | T <sub>2</sub>  | T <sub>2</sub> g<br>T <sub>1-2</sub> l | T <sub>3</sub> gl<br>T <sub>1-2</sub> m<br>T <sub>1</sub> z |                   | Au-Cu-Pb-Zn-Hg-Sb-W-Fe-As-S-石灰岩 | 浅成中-低温热液型、接触交代型、化学沉积型 |
|                 | T <sub>1</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | P <sub>3</sub>  | P <sub>3</sub> δ                       | P <sub>3</sub> dδ                                           |                   |                                 |                       |
| P               | P <sub>2</sub>  | P <sub>1-2</sub> dg                    | P <sub>1-2</sub> dg                                         | 滨-浅海礁碳酸盐岩建造、碎屑岩建造 | Au-Pb-Zn-Fe-W-Sn-石灰岩-白云岩        | 化学沉积型、接触交代型           |
|                 | P <sub>1</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | C <sub>2</sub>  | CP <sub>2</sub> z                      | C <sub>2</sub> m                                            |                   |                                 |                       |
|                 | C <sub>1</sub>  |                                        | C <sub>1</sub> yw                                           |                   |                                 |                       |
| D               | D <sub>3</sub>  |                                        | D <sub>3</sub> t                                            |                   |                                 |                       |
|                 | D <sub>2</sub>  |                                        | D <sub>2</sub> dp                                           |                   |                                 |                       |
|                 | D <sub>1</sub>  |                                        | D <sub>1</sub> gl                                           |                   |                                 |                       |
|                 | S <sub>3</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
| PZ              | S <sub>2</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | S <sub>1</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | O <sub>3</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | O <sub>2</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
| O               | O <sub>1</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | C <sub>3</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | C <sub>2</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | C <sub>1</sub>  |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
| Pt              | Z               |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | Nh              |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | Qb              |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
|                 | Pt <sub>2</sub> |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |
| Pt <sub>1</sub> | Pt <sub>1</sub> | Pt <sub>1</sub> DH                     |                                                             | 角闪岩相变质岩建造         |                                 |                       |
|                 | Ar              |                                        |                                                             |                   |                                 |                       |

Pt<sub>1</sub>DH—古元古界化隆岩群、达肯大坂岩群; D<sub>1</sub>gl—下泥盆统尕拉组; D<sub>2</sub>dp—中泥盆统当多组、下那吾组、蒲莱组; D<sub>3</sub>t—上泥盆统铁山组; C<sub>1</sub>yw—下石炭统益哇组; C<sub>2</sub>m—上石炭统岷河组; CP<sub>2</sub>z—宗务隆蛇绿混杂岩; P<sub>1-2</sub>dg—下—中二叠统大山组; P<sub>3</sub>δ—上二叠统石关组; P<sub>3</sub>dδ—上二叠统迭山组; T<sub>1</sub>z—下三叠统扎里山组; T<sub>1-2</sub>m—下—中三叠统马热松多组; T<sub>1-2</sub>l—下—中三叠统隆务河组; T<sub>2</sub>gl—中三叠统郭家山组; T<sub>2</sub>g—中三叠统古浪堤组; T<sub>3</sub>D—上三叠统多福屯群; J<sub>1-2</sub>yq—下—中侏罗统羊曲组; K<sub>1</sub>d—下白垩统多禾茂组; K<sub>1</sub>w—下白垩统万秀组; Ex—西宁组; N<sub>1</sub>x—中新统咸水河组; N<sub>2</sub>l—上新统临夏组。

Pt<sub>1</sub>DH—Paleoproterozoic Hualong Rock Group and Daken Daban Rock Group; D<sub>1</sub>gl—Lower Devonian Gala Formation; D<sub>2</sub>dp—Middle Devonian Dangduo Formation, Xianawu Formation and Pulai Formation; D<sub>3</sub>t—Upper Devonian Tieshan Formation; C<sub>1</sub>yw—Lower Carboniferous Yiwagou Formation; C<sub>2</sub>m—Upper Carboniferous Minhe Formation; CP<sub>2</sub>z—Zongwulong ophiolite melange; P<sub>1-2</sub>dg—Lower–Middle Permian Daguanshan Formation; P<sub>3</sub>δ—Upper Permian Shiguan Formation; P<sub>3</sub>dδ—Upper Permian Dieshan Formation; T<sub>1</sub>z—Lower Triassic Zhalishan Formation; T<sub>1-2</sub>m—Lower–Middle Triassic Maresongduo Formation; T<sub>1-2</sub>l—Lower–Middle Triassic Longwuhe Formation; T<sub>2</sub>gl—Middle Triassic Guojiashan Formation; T<sub>2</sub>g—Middle Triassic Gulangdi Formation; T<sub>3</sub>D—Upper Triassic Duofutun Group; J<sub>1-2</sub>yq—Lower–Middle Jurassic Yangqu Formation; K<sub>1</sub>d—Lower Cretaceous Duohehao Formation; K<sub>1</sub>w—Lower Cretaceous Wanxiu Formation; Ex—Xining Formation; N<sub>1</sub>x—Miocene Xianshuihe Formation; N<sub>2</sub>l—Pliocene Linxia Formation.

图2 西秦岭成矿带沉积建造与成矿关系图(据路英川, 2016, 有修改)

Fig. 2 Relationship between sedimentary construction and mineralization in the West Qinling Metallogenic Belt (modified from LU, 2016)

构造; 褶皱构造以背斜轴、翼部及倾伏端的控矿作用最为重要。如双朋西接触交代型金铜矿床的主要矿体即赋存于近背斜轴部的南西翼和背斜北西倾伏端, 受此两部位的层间剥离构造控制。而这类矿床一般不只是背斜构造控矿, 而是背斜构造与侵入体接触带构造组合控矿; 侵入体接触带构造则表现为两种控制作用, 一种是接触界面及其附近部位控矿, 矿体产状与接触带产状基本一致。矿体形态较不规则, 受接触带形态制约; 另一种是外接触带层间构造破碎带与层理等构造控矿。矿体产状和形态较规则, 多呈似层状、透镜状, 以顺层产出为主。

### (3) 岩浆岩

研究区内岩浆侵入活动集中在华力西期—印支期, 以三叠纪中酸性侵入岩广泛分布为特点, 其余时期较少且分布零星。岩石类型主要有花岗闪长岩、花岗岩、二长花岗岩、石英闪长岩、斜长花岗岩等。

华力西期侵入岩主要分布在德令哈市以东—乌兰县以北一带, 出露规模较小, 常以岩脉、岩株出露, 主要产出有岩浆热液型金矿, 如德令哈市赛日-京根郭勒地区金多金属矿点、德令哈市玛尼特金矿点等。

印支期中-酸性侵入岩主要分布于研究区中北

部,沿宗务隆—青海南山断裂由西向东有明显的集中分布区,乌兰县北东一带的侵入岩岩石组合为正长花岗岩-二长花岗岩-花岗闪长岩-英云闪长岩-石英闪长岩,主要形成铁、锂铍水晶、金云母等矿产,成矿类型为接触交代型、伟晶岩型、岩浆热液型;分布于橡皮山一带的黑马河花岗岩体主体岩性为花岗闪长岩,岩体的围岩为下—中三叠统隆务河组,呈明显的侵入接触关系。在闪长岩及花岗闪长岩的内外接触带上发育有接触交代型铁矿,伟晶岩型稀有、稀土矿和非金属白云母。并有岩浆热液型金矿产出;江西沟—下拉滩一带的江西沟花岗岩体以斑状二长花岗岩为主体,北侧与二长花岗岩呈渐变接触,西侧侵位于花岗闪长岩、花岗闪长斑岩中,南东有闪长岩分布。在岩体边部产出有岩浆热液型钨及水晶矿产;位于共和盆地东北缘的当家寺花岗岩体,主体侵位于下—中三叠统隆务河组,但其周围多被新近系及第四系覆盖。岩体主要岩性包括花岗闪长岩和二长花岗岩,其中二长花岗岩分布于岩体中部,花岗闪长岩分布于岩体边部,二者呈渐变接触关系。主要形成的金属矿产有铜、铅、锌,成矿类型为接触交代型、岩浆热液型及浅成中低温热液型。非金属矿产有岩浆热液型水晶及脉石英;分布于同仁县北东的刚察花岗闪长岩体周边形成了大量颇具规模的金及多金属矿产。主要形成金属矿产有金、铜、钨、钼、铁。非金属矿产有硫铁矿。成矿类型为接触交代型。带内著名的同仁县双朋西金铜矿床、循化县谢坑铜金矿床、同仁县江里沟钨钼矿床均产于该部位;泽库—同仁一带也分布有大量三叠纪侵入岩,岩石组合为花岗斑岩、二长花岗岩、斑状二长花岗岩、花岗闪长岩,以花岗闪长岩为主。花岗闪长岩中主要产出铅、锌、铜、金、铀等金属矿产,成矿类型有接触交代型、岩浆热液型。非金属矿产有花岗岩、脉石英,成矿类型有岩浆型、岩浆热液型。泽库县以西还分布有一定面积的花岗闪长岩和二长花岗岩。岩体周边产出有一定数量的岩浆热液型金矿,如泽库县夺确壳金矿床等。并有岩浆热液型铅矿产出。

总体来看,三叠纪与成矿有关的中酸性侵入岩有石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、斜长花岗岩、斑状花岗岩、闪长岩等,其中最重要的为石英闪长岩和花岗闪长岩,与其有关的成矿矿种组合主要为 Fe-Cu-Pb-Zn、Cu-Au、Pb-Zn-Ag,以接触交代型为主。与二长花岗岩有关的矿化元素组合以 Cu-Mo, Cu-W 多见,以接触交代型-斑岩型铜钼矿床为主,如江里沟铜钼(钨)矿床。与成矿有关的各类中酸性侵入岩对于矿化元素组合在总体上显示出明显的成矿专属性,即 Fe、Fe-Cu 组合与中偏基性的

闪长岩有关, Cu-Pb-Zn-Au 组合与中偏酸性的石英闪长岩、花岗闪长岩有关,而 Cu-Mo-W 组合与酸性的二长花岗岩有关。

## 2.4 区域成矿模式

研究区经历了多阶段、多期次的成矿。最终形成了现今以三叠纪集中产出的成矿现状,随着地质演化过程,各阶段成矿类型和矿种各有差异。石炭纪—三叠纪随着西秦岭整体构造环境由挤压转变为伸展,各类矿产密集产出,石炭纪—二叠纪宗务隆构造混杂岩带主要产出与碳酸盐岩组合相关的化学沉积型石灰岩、白云岩等矿产,如德令哈市曼提石灰岩矿床、德令哈市额门勒茨格石灰岩矿床、德令哈市察汉布勒克北白云岩矿点等。在基性火山岩分布地段还发现有德令哈市赛日-京根郭勒地区金多金属矿点等贵金属矿产地。三叠纪主要在泽库盆地产出大量的矿产。金属矿产主要为铁、金、铜、铅、锌、汞、钨、铋、铀及铌钽、锂铍等,产地众多,分布广泛,许多矿床具中、小规模。成矿类型以浅成中低温热液型、岩浆热液型及接触交代型为主,稀有金属矿产主要为伟晶岩型。侏罗纪—新近纪主要在各断陷盆地内产出有生物化学沉积型煤矿和蒸发沉积型石膏等矿产。进入第四纪,青藏高原进入快速隆升阶段,高山深谷、夷平面等地貌进一步发展形成。在第四纪河流洪冲积物中产出有砂金、砂钨、砂砾石,有玛沁县雪山乡砂金矿点、同德县克穆达砂钨矿床、贵德县罗汉堂砂砾石矿床。在湖盆沉积中产出泥炭等,如河南县李卡如山北侧泥炭矿床。由此建立了研究区的理想成矿模式图(图3)。

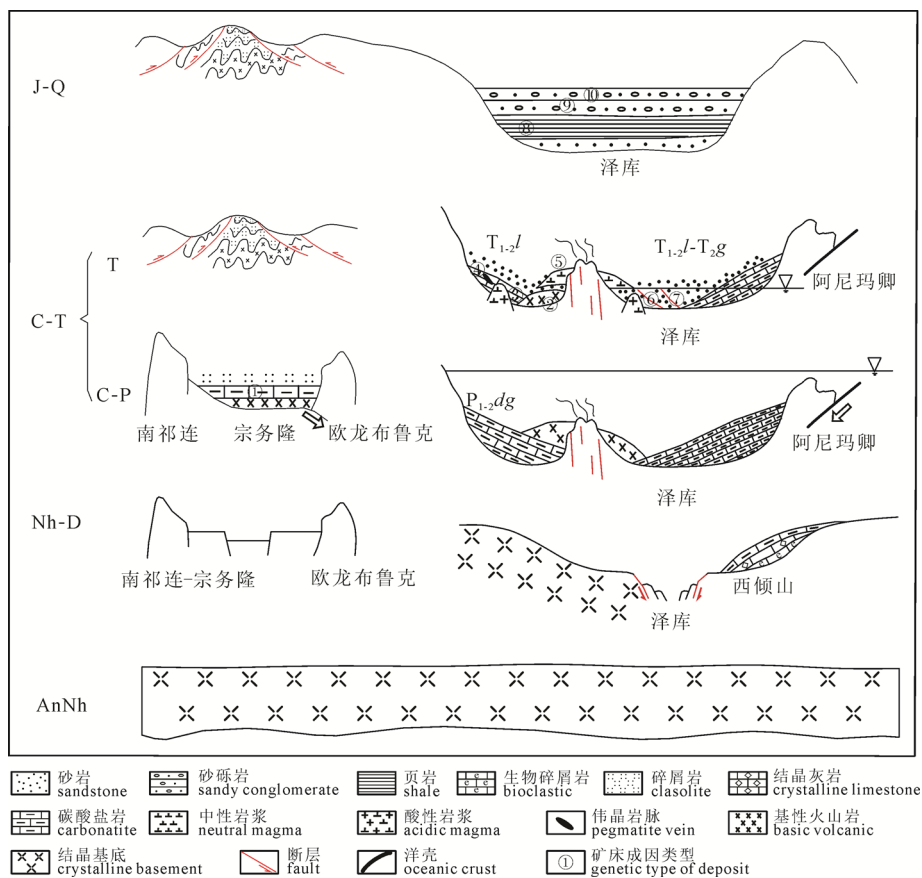
## 3 矿床成矿系列划分原则及划分结果

### 3.1 划分原则

矿床的成矿系列是指在一定的地质历史时期或构造运动阶段,在一定的地质构造单元及构造部位,与一定的地质成矿作用有关的一组具有内在成因联系的矿床的自然组合(程裕淇等, 1979, 1983; 陈毓川等, 2006, 2015, 2016, 2020; 王登红等, 2020)。西秦岭成矿带矿床成矿系列划分据此按照矿床成矿系列(组、组合、类型)→矿床成矿系列→矿床成矿亚系列→矿床式(矿床类型)→矿床的序次进行划分。本次研究第一序次采用矿床成矿系列组的划分方式。

### 3.2 划分结果

基于西秦岭成矿带地质构造演化和矿床时空分布规律,利用矿床成矿系列理论,带内共厘定出矿床成矿系列组 3 个,矿床成矿系列 9 个,矿床成矿亚系列 12 个,矿床式 13 个(张涛, 2015; 杨合群等, 2022)(表 2)。



①—石炭—二叠纪化学沉积型; ②—三叠纪海相火山岩型; ③—三叠纪接触交代型; ④—三叠纪伟晶岩型; ⑤—三叠纪陆相火山岩型; ⑥—三叠纪岩浆热液型; ⑦—三叠纪浅成中-低温热液型; ⑧—侏罗纪生物化学沉积型; ⑨—新近纪蒸发沉积型; ⑩—第四纪砂矿型。P<sub>1-2dg</sub>—下—中二叠统大关山组; T<sub>1-2l</sub>—下—中三叠统隆务河组; T<sub>2g</sub>—中二叠统古浪堤组。

①—Carboniferous-Permian chemical deposition type; ②—Triassic marine volcanic rock type; ③—Triassic contact metasomatic type; ④—Triassic pegmatite type; ⑤—Triassic continental volcanic rock type; ⑥—Triassic magmatic hydrothermal type; ⑦—Triassic epithermal medium-low temperature hydrothermal type; ⑧—Jurassic biochemical sedimentary type; ⑨—Neogene evaporative deposition type; ⑩—Quaternary placer type. P<sub>1-2dg</sub>—Lower-Middle Permian Daguan Shan Formation; T<sub>1-2l</sub>—Lower-Middle Triassic Longwuhe Formation; T<sub>2g</sub>—Middle Permian Gulangdi Formation.

图3 西秦岭成矿带理想成矿模式图

Fig. 3 Ideal metallogenic model of west Qinling metallogenic belt

### 3.3 矿床成矿系列基本特征

作为矿床的一种自然分类, 矿床成矿系列随着矿床成矿期、成矿地质环境、成矿作用及矿床类型组合的改变而以特定的面貌出现在各成矿单元中, 并随构造演化而不断演进保存或转化或消失, 表现出复杂性和独特性。根据西秦岭成矿带矿产地质现状划分出的矿床成矿系列相对较为简单、集中。

#### (1) 时间特征

与研究区内矿产地成矿时代对应, 西秦岭成矿带矿床成矿系列随构造演化表现为石炭纪—三叠纪复杂→侏罗纪—白垩纪简单→新生代中等复杂的特点, 总体表现为陆内演化阶段集中成矿的特点, 石炭纪—三叠纪发育有 4 个矿床成矿系列、8 个矿床成矿亚系列、12 个矿床式。

#### (2) 空间特征

西秦岭成矿带 4 个成矿亚带中以 IV-28-2 青海南山—泽库成矿亚带分布的矿床成矿系列最多(共

有矿床成矿系列 8 个, 成矿亚系列 12 个), 其次为 IV-28-1 宗务隆成矿亚带(共有矿床成矿系列 6 个, 成矿亚系列 8 个)。矿床成矿系列在不同成矿亚带的空间分布与其地质构造环境和建造组合复杂程度有直接联系。IV-28-1 宗务隆成矿亚带内主要为沉积成矿作用成矿系列; IV-28-2 青海南山—泽库成矿亚带则表现为复杂的岩浆成矿作用为主, 次为含矿流体成矿作用。

#### (3) 成矿作用特征

因不同的成矿地质条件, 造成了在某一成矿阶段不同的成矿作用占主导地位。其中, 石炭纪—三叠纪成矿构造演化阶段发育的矿床成矿系列多样, 成矿高峰期表现为岩浆作用和含矿流体作用成矿为主。与岩浆作用有关的矿产地有 92 处(占该阶段矿产地总数 48.9%), 涉及岩浆型、伟晶岩型、岩浆热液型、陆相火山岩型和海相火山岩型 5 种类型, 组成 1 个矿床成矿系列, 4 个矿床成矿亚系列和

表 2 西秦岭成矿带成矿系列划分表  
Table 2 Classification of metallogenic series of West Qinling metallogenic belt

| 代号    | 矿床成矿系列组                                                                   | 矿床成矿系列                                          | 矿床成矿亚系列                                         | 矿床式                        | 矿床实例                                                            | 矿床结构                                |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| E-Q1F | 西秦岭与古近纪—第四纪高原碰撞隆升沉积和流体作用有关的砂金-砂钨-石盐-泥炭-砂石-黏土矿床成矿系列组                       | E-Q1F 与古近纪—第四纪与含矿流体作用有关的地下水-地热矿床成矿系列            | E-Q1F①新生代第四纪与含矿流体有关地下水-矿泉水成矿亚系列                 | 克穆达式砂钨                     | 共和县恰不恰工业园水源                                                     | 中型矿床 4 处、小型矿床 10 处                  |
|       |                                                                           |                                                 | E-Q1F②新生代第四纪与含矿流体有关地热成矿亚系列                      |                            | 共和县恰不恰镇地热田、同仁兰采温泉                                               | 大型矿床 1 处、中型矿床 1 处、小型矿床 3 处、矿点 3 处   |
| E-Q2S |                                                                           | E-Q2S 西秦岭与第四纪冲积-洪积有关的砂金-砂钨-石盐-泥炭-砂石-黏土矿床成矿系列    | E-Q2S①西秦岭与第四纪冲积-洪积有关的砂金-砂钨-砂石-黏土矿床成矿亚系列         |                            | 贵德县罗汉堂砂砾石矿床、同德县克穆达砂钨矿床、贵德县新街黏土矿点、循化县麻日砂金矿点                      | 大型矿床 1 处、小型矿床 1 处、矿点 6              |
|       |                                                                           |                                                 | E-Q2S②西秦岭与第四纪湖盆沉积建造有关的泥炭-黏土矿床成矿亚系列              |                            | 河南县卡如山北侧泥炭矿床、同仁县温库沟泥炭矿点                                         | 中型矿床 1 处、矿点 10 处                    |
| E-Q3S |                                                                           | E-Q3S 西秦岭与古近纪—新近纪化学沉积作用有关的石膏-黏土矿床成矿系列           |                                                 |                            | 贵南县巴洛河滩黏土矿点、河南县宁木特红色硬石膏矿点、                                      | 矿点 7 处                              |
| J-K4I | 西秦岭与侏罗纪—白垩纪特提斯演化沉积和岩浆作用有关的铜-煤-煤层气矿床成矿系列组                                  | J-K4I 西秦岭与白垩纪陆相火山岩有关的铜成矿系列                      |                                                 |                            | 泽库县沙尔宗铜矿点                                                       | 矿点 1 处                              |
| J-K5S |                                                                           | J-K5S 西秦岭与侏罗纪陆内造山沉积岩有关的煤-煤层气矿床成矿系列              |                                                 |                            | 青海省德令哈市草流沟煤矿点                                                   | 矿点 3 处                              |
| C-T6F |                                                                           | C-T6F 西秦岭与三叠纪含矿流体作用有关的金-砷-锑-汞-银-干热岩矿床成矿系列       | C-T6F①西秦岭与三叠纪含矿流体作用有关的金-砷-锑-汞-银矿床成矿亚系列          | 石藏寺式金锑                     | 同德县石藏寺金锑矿床、兴海县浪贝金锑矿床、兴海县吉浪滩砷矿床、同德县牧羊沟金矿床、同德县穆黑汞矿床               | 大型矿床 1 处、中型矿床 3 处、小型矿床 11 处、矿点 52 处 |
|       |                                                                           |                                                 | C-T6F②西秦岭与三叠纪含矿流体作用有关的干热岩矿床成矿亚系列                | 共和县式干热岩                    | 共和县恰不恰镇干热岩、贵德扎仓沟干热岩                                             | 矿点 2 处                              |
| C-T7M |                                                                           | C-T7M 西秦岭与石炭纪—二叠纪变质作用有关大理岩-板岩矿床成矿系列             | 沟后式大理岩                                          |                            | 共和县沟后饰面用大理岩矿床、循化县古昌板岩矿点                                         | 中型矿床 1 处、矿点 2 处                     |
| C-T8S | 西秦岭与石炭纪—三叠纪古特提斯洋演化沉积、岩浆和含矿流体作用有关的铁-铜-金-砷-锑-银-铅-锌-铋-钼-汞-花岗岩-石灰岩-大理岩矿床成矿系列组 | C-T8S 西秦岭与石炭纪—二叠纪沉积岩有关铁-铅-石灰岩-白云岩矿床成矿系列         | C-T8S①西秦岭与石炭纪—二叠纪沉积岩有关铁-铅-石灰岩-白云岩矿床成矿亚系列        | 柏树山式                       | 德令哈市柏树山石灰岩矿床、德令哈市曼提石灰岩矿床、德令哈市额门勒茨格石灰岩矿床、德令哈市滚艾尔沟铅铜矿点、共和县红旗岭铁锰矿点 | 大型矿床 3 处、矿点 11 处                    |
|       |                                                                           |                                                 | C-T8S②西秦岭与三叠纪化学沉积岩有关的石灰岩-白云岩矿床成矿亚系列             | 天青山式石灰岩                    | 天峻县天青山石灰岩矿床、天峻县南山石灰岩矿床、泽库县郎底格石灰岩矿点、循化县道韩石灰岩矿点                   | 小型矿床 1 处、矿点 12 处                    |
| C-T9I |                                                                           | C-T9I 西秦岭与二叠纪-三叠纪岩浆作用有关的铁-铜-铅-锌-金-砷-银-钨-锡矿床成矿系列 | C-T9I①西秦岭与二叠纪—三叠纪中酸性侵入岩有关金-铜-铁-钨-银-砷-花岗岩矿床成矿亚系列 | 杂科合式砷银铜、瓦勒根式金、双朋西式金铜、谢坑式铜金 | 同德县直亥买贡玛金矿床、泽库县夺确壳金砷矿床、贵德县都秀台铜砷矿床、同仁县江里沟钨钼矿床、乌兰县阿日茨特花岗岩矿床       | 中型矿床 5 处、小型矿床 12 处、矿点 62 处          |
|       |                                                                           |                                                 | C-T9I②西秦岭与三叠纪伟晶岩有关的铋-钼-锂-铍矿床成矿亚系列               | 茶卡北山式锂铍                    | 天峻县茶卡北山锂铍矿、乌兰县三道班北水晶矿点、天峻县二郎洞白云母矿点、循化县达里加水水晶矿点                  | 小型矿床 1 处、矿点 5 处                     |
|       |                                                                           |                                                 | C-T9I③西秦岭与三叠纪海相火山岩相关的铅-锌-铜矿床成矿亚系列               | 恰冬式铜                       | 同仁县恰冬铜矿床、泽库县老藏沟护林点铅锌矿点                                          | 小型矿床 1 处、矿点 1 处                     |
|       |                                                                           |                                                 | C-T9I④西秦岭与晚三叠世陆相火山岩相关的铅-锌-锡矿床成矿亚系列              | 老藏沟式                       | 泽库县老藏沟铅锌锡矿床、同仁县夏布楞铅锌矿床、泽库县公钦隆瓦铜铅矿点                              | 中型矿床 1 处、小型矿床 1 处、矿点 2 处            |

注: I—岩浆作用矿床; S—沉积作用矿床; M—变质作用矿床; F—含矿流体作用矿床; ①②③④—成矿亚系列编号。

7 个矿床式;含矿流体作用产出矿产地 65 处,组成 1 个矿床成矿系列,2 个矿床成矿亚系列和 2 个矿床式;沉积作用形成的矿产地有 27 处,矿床类型主要为化学沉积型,组成 1 个矿床成矿系列,2 个矿床成矿亚系列和 2 个矿床式;变质作用形成的矿产地较少,仅有 4 处,以变成型为主,次为受变质型,组成 1 个矿床成矿系列。古近纪—第四纪高原隆升阶段虽也有一定数量的矿产地产出,但整体成矿作用单一,以沉积作用为主,次为含矿流体作用,组成 2 个矿床成矿系列,4 个矿床成矿亚系列和 1 个矿床式。侏罗纪—白垩纪主要以侏罗纪生物化学沉积作用形成煤矿矿床成矿系列,白垩纪陆相火山活动形成铜矿床成矿系列。

#### 4 成矿远景区及找矿方向

根据西秦岭成矿带内现有矿产资源现状,结合区域地质背景和物化探异常特征,于不同成矿亚带内共计划分成矿远景区 4 处(见图 1)。

##### (1)YJ-28-1 当家寺 Cu-Pb-Zn 成矿远景区

位于龙羊峡北东当家寺一带,呈北西—南东向展布,东西长约 58 km,南北宽约 14 km,面积约 738 km<sup>2</sup>。属共和盆地草原地带,交通便利。构造单元隶属于泽库复合型前陆盆地。

区内大面积侵入中—晚三叠世中酸性,岩性主要为二长花岗岩和花岗闪长岩。仅在北西端小面积出露上新统临夏组稳定型内陆盆地沉积,以杂色泥岩、粉砂岩夹砂岩和泥灰岩为特征。中东部有小范围的上三叠统多福屯群一套火山熔岩、火山碎屑岩和下—中三叠统隆务河组浅海-半深海沉积。西部近南北向和北西西向小断裂及裂隙发育。

远景区内分布有 2 处 1:20 万化探综合异常:龙羊峡 AS<sub>乙3</sub><sup>205</sup>WSnAsLiBi 和罗汉堂 AS<sub>丙</sub><sup>206</sup>AsBeBiLi。

目前远景区内已发现矿产地 8 处,有 1 处小型矿床。矿种有铜、铅锌、水晶和地下热水等。成矿类型以接触交代型为主,次为岩浆热液型。成矿时代集中在三叠纪。区内工作程度较低,仅有 2 处普查矿产地,其余均为预查。工作程度较低。区内 1 处小型矿床查明铜矿资源量 0.23×10<sup>4</sup> t,锡矿 0.05×10<sup>4</sup> t。青海省矿产资源潜力评价预测该区资源潜力:铅矿 4.39×10<sup>4</sup> t,铜矿 48.66×10<sup>4</sup> t,钨矿 7 546 t,锌矿 15.02×10<sup>4</sup> t。

区内岩浆活动强烈,矽卡岩发育,是继续寻找岩浆作用矿床的有利地段。

##### (2)YJ-28-2 恰冬 Cu 多金属成矿远景区

远景区位于同仁县境内,东部省界一带,北西—南东向不规则展布,东西长约 16 km,南北宽约 11 km,面积约 163 km<sup>2</sup>。构造单元隶属于泽库复合型前陆盆地。

区内主要出露地层为中三叠统古浪堤组,岩层总体为砂岩夹泥岩-沙泥岩互层-泥岩夹砂岩,向上逐渐变粗,属半深海-滨浅海沉积,弧后前陆盆地环境。三叠世浅海相碎屑岩夹大理岩沉积时,具有多期火山活动形成的凝灰质砂岩及凝灰质板岩与砂板岩形成互层,构成了铜的主要赋存层位。远景区中部有中新统咸水河组出露,主要为湖泊、冲积扇和河流相沉积作用的产物。远景区东西两侧均有晚三叠世中酸性侵入岩体分布。已发现矿产地多产于两处岩体边部。断裂构造较为简单,多为北西向和北东向平移逆冲断层及正断层。

恰冬南 AS<sub>甲1</sub><sup>263</sup>AuAsHgAgSb 异常位于远景区内,异常主元素 Au,异常元素间相关性好,套合紧密,浓集中心明显。

区内累计发现各类矿产地 5 处,有 1 处小型矿床(同仁县恰冬铜矿床),以铜、金等金属矿产为主,成矿类型有海相火山岩型、接触交代型和浅成中-低温热液型。多为三叠纪的产物。远景区内有详查地 1 处,普查地 1 处,预查地 3 处,整体工作和研究程度不高。区内累计查明资源储量:铜 4.39×10<sup>4</sup> t,银 75 t。青海省矿产资源潜力评价预测该区资源潜力:金矿 13.70 t;铅矿 1.12×10<sup>4</sup> t;锑矿 2 569.20 t;铜矿 9.99×10<sup>4</sup> t;锌矿 3.83×10<sup>4</sup> t。

该区成矿地质条件良好,矿种和成矿类型多样,建议围绕已知矿床进一步扩大矿床规模,同时加强区内岩浆热液型金矿的找矿力度。

##### (3)YJ-28-3 石藏寺 Au-Pb-Zn 成矿远景区

远景区位于同德县南东部,近东西向不规则展布,东西长约 50 km,南北宽 20~30 km,面积约 1 461 km<sup>2</sup>。构造单元隶属于泽库复合型前陆盆地。

远景区主要出露下—中三叠统隆务河组和中三叠统古浪堤组,均属半深海-滨浅海沉积。中部有小面积中新统咸水河组出露。区内极为发育,多呈东西或近东西向展布。岩浆活动不强烈,主要以脉岩较发育,脉岩主要为黑云母斜长花岗岩脉及石英脉。岩脉基本沿断裂带分布。石英脉与金矿化最为密切,多数碎裂状石英脉中均有金矿化或含量高显示,构造破碎蚀变带控制矿体。

远景区南北两侧各有 1 处 1:20 万化探综合异常分布,北部拉加 AS<sub>甲1</sub><sup>327</sup>AuSbAsAg 异常以贵金属为主,异常元素套合紧密,异常浓集中心明显,同德县石藏寺金锑矿床就产于该异常东段。南部多嗖朗日 AS<sub>乙3</sub><sup>328</sup>WAsBi 则以多金属为主,异常面积较小,异常区内产出有玛沁县多嗖朗日金铜钨矿点。

远景区内已发现矿产地 7 处,有大型矿床 1 处,矿点 6 处。成矿类型主要为浅成中-低温热液型,次为岩浆热液型,7 处矿产地均产于三叠纪。区内累计

查明各类资源储量: 金 6.77 t, 锑  $10.05 \times 10^4$  t, 银 4 t, 硫  $3.7 \times 10^4$  t, 砷  $1 \times 10^4$  t。青海省矿产资源潜力评价预测该区资源潜力: 金矿 44.74 t, 锑矿 4 010.78 t。

远景区内构造极为发育, 三叠世地层为金及多金属成矿提供了物源, 是寻找浅成中-低温热液型或岩浆热液型金及多金属矿的有利地段。

#### (4) YJ-28-4 西倾山 Hg-Sb(Au)成矿远景区

远景区位于河南县南部省界一带, 北西—南东向不规则展布, 东西长约 58 km, 南北宽约 30 km, 面积约 1 698 km<sup>2</sup>。构造单元隶属于泽库复合型前陆盆地。

远景区内地层分布极为复杂, 早泥盆世尕拉组、中泥盆世当多组、下那吾组和晚泥盆世铁山组, 早石炭世益哇沟组、晚石炭世岷河组, 早—中二叠世大关山组、晚二叠世迭山组, 早三叠世扎里山组、早—中三叠世隆务河组、马热松多组、中三叠世郭家山组, 早白垩世万秀组, 新近纪上新世临夏组均有一定面积出露。区内断裂构造发育, 主要为北西西向, 次为北东向。北西西向很发育, 与汞、金成矿关系密切。北东向规模较大, 切断北西西向断裂。各地层间多为断层接触。岩浆活动微弱, 未见大面积岩体出露。

1: 20 万化探综合异常赛尔龙西  $AS_{甲}^{344}HgBi$ 、赫格楞南  $AS_{丙}^{356}CdMoPAuAg$  和莫尔藏  $AsAgCdMo$  三处异常位于远景区内, 各异常内均有矿产地分布。

区内已发现各类矿产地 5 处, 矿种以汞、锑、金为主, 非金属泥炭矿也有一定数量产出。5 处矿产地中有小型矿床 1 处, 矿点 4 处。区内累计查明汞资源储量 196 t。区内工作程度较低, 仅有普查地 1 处, 其余 4 处均为预查。

多样的地层可为不同的矿种成矿提供物质来源, 复杂的断裂构造可为成矿提供容矿空间, 区内是寻找浅成中-低温热液型汞、锑、金矿或沉积型矿产的有利地段。

除上述 4 处成矿远景区外, 根据前述矿产地空间分布规律可进一步推断: ①构造活动强烈, 深大断裂活动、火山活动、中酸性岩浆侵入活动和沉积地层变形-变质改造较为普遍的地区往往是寻找接触交代型金及多金属矿床的有利地段。②按照前述矿床等距性分布的特征, 等距排列的空白区也是潜在的找矿有利地段。③整体来看, 西秦岭成矿带已知矿床的勘查深度都在 500 m 以浅, 因此, 已知矿床深部及走向上仍具有较大找矿空间。

## 5 结语

(1) 青海省西秦岭成矿带内矿产地主要分布在青海南山—泽库 Au-Ag-Cu-Pb-Zn-W-Sb-Fe-As-石墨

-花岗岩-盐类-干热岩成矿亚带(IV-28-2)和苦海—作母沟 Hg-Au-Pb-Zn-Sb-W-泥炭成矿亚带(IV-28-3)内。矿床成矿时代集中在石炭纪—三叠纪。总体表现为与印支期中酸性岩浆活动有关的接触交代型、岩浆热液型为主金多金属矿产, 以化学沉积型为主的非金属矿产集中产出的特点。

(2) 以西秦岭成矿带构造演化和成矿规律为基础, 厘定出矿床成矿系列组 3 个, 矿床成矿系列 9 个, 矿床成矿亚系列 12 个, 矿床式 13 个。与岩浆作用有关的矿床成矿系列 2 个; 与沉积作用有关的矿床成矿系列 4 个; 与变质作用有关的矿床成矿系列 1 个; 与含矿流体作用有关的矿床成矿系列 2 个。

(3) 结合区域成矿条件, 在总结矿产地空间分布规律的基础上, 划分出成矿远景区 4 个, 指出了青海省西秦岭成矿带内的下步找矿方向。

## Acknowledgements:

This study was supported by China Geological Survey (Nos. DD20221695-22, DD20190379-23 and DD20160346), Financial Funds of Qinghai Province (No. 2021074007ky007).

## 参考文献:

- 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 黄凡. 2016. 矿床成矿系列——五论矿床的成矿系列问题[J]. 地球学报, 37(5): 519-527.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 黄凡. 2020. 论地球系统四维成矿及矿床学研究趋向——七论矿床的成矿系列[J]. 矿床地质, 39(5): 745-753.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 王平安. 2015. 论矿床的自然分类——四论矿床的成矿系列问题[J]. 矿床地质, 34(6): 1092-1106.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红. 2006. 三论矿床的成矿系列问题[J]. 地质学报, 80(10): 1501-1508.
- 程裕祺, 陈毓川, 赵一鸣, 宋天锐. 1983. 再论矿床的成矿系列问题[J]. 中国地质科学院院报, (6): 1-64.
- 程裕祺, 陈毓川, 赵一鸣. 1979. 初论矿床的成矿系列问题[J]. 中国地质科学院院报, 1(1): 32-58.
- 冯益民, 曹宣铎, 张二朋, 胡云绪, 潘晓萍, 杨军录, 贾群子, 李文明. 2003. 西秦岭造山带的演化、构造格局和性质[J]. 西北地质, 36(1): 1-10.
- 路英川. 2016. 西秦岭造山带西段矽卡岩型铜(金)矿床成矿作用与成矿规律[D]. 北京: 中国地质大学.
- 潘桂堂, 肖庆辉, 陆松年, 邓晋福, 冯益民, 张克信, 张智勇, 王方国, 邢光福, 郝国杰, 冯艳芳. 2009. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 36(1): 1-28.
- 潘彤. 2019. 青海矿床成矿系列探讨[J]. 地球科学与环境学报, 41(3): 297-315.
- 祁生胜, 王秉璋, 于文杰. 2013. 青海省矿产资源潜力评价成矿地质背景研究报告[R]. 西宁: 青海省地质矿产勘查开发局.
- 青海省自然资源厅. 2021. 截至二〇二〇年底青海省矿产资源储量简表[R]. 西宁: 青海省自然资源厅.
- 王秉璋, 韩杰, 谢祥镭, 陈静, 王涛, 薛万文, 白宗海, 李善平. 2020. 青藏高原东北缘茶卡北山印支期(含绿柱石)锂辉石伟晶岩脉群的发现及 Li-Be 成矿意义[J]. 大地构造与成矿

学, 44(1): 69-79.

王登红, 陈毓川, 徐志刚, 黄凡, 王岩, 裴荣富. 2020. 矿床成矿系列组——六论矿床的成矿系列问题[J]. 地质学报, 94(1): 18-35.

徐志刚, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 李厚民. 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社.

杨合群, 赵国斌, 姜寒冰, 辜平阳, 温志亮, 李宗会. 2022. 西秦岭成矿带矿床成矿系列概论[J]. 西北地质, 55(1): 114-128.

张国伟, 张本仁, 袁学诚, 肖庆辉. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京: 科学出版社: 1-805.

张宏飞, 陈岳龙, 徐旺春, 刘荣, 袁洪林, 柳小明. 2006. 青海共和盆地周缘印支期花岗岩类的成因及其构造意义[J]. 岩石学报, 22(12): 2910-2922.

张涛. 2015. 青海岗察花岗岩体地球化学特征及其成矿系列[D]. 北京: 中国地质大学.

张雪亭, 杨生德. 2007. 青海省板块构造研究——1: 100 万青海省大地构造图说明书[M]. 北京: 地质出版社: 1-220.

张英利, 王宗起. 2011. 西秦岭造山带徽县-成县盆地早白垩世沉积物源分析——锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学的约束[J]. 地质通报, 30(1): 37-50.

## References:

CHEN Yu-chuan, PEI Rong-fu, WANG Deng-hong, HUANG Fan. 2016. Minerogenetic series for mineral deposits: Discussion on minerogenetic series(V)[J]. Acta Geoscientica Sinica, 37(5): 519-527(in Chinese with English abstract).

CHEN Yu-chuan, PEI Rong-fu, WANG Deng-hong, HUANG Fan. 2020. Four-dimensional metallogeny in earth system and study of mineral deposits: A discussion on minerogenetic series(VII)[J]. Mineral Deposits, 39(5): 745-753(in Chinese with English abstract).

CHEN Yu-chuan, PEI Rong-fu, WANG Deng-hong, WANG Ping-an. 2015. Natutal classification of mineral deposits: Discussion on minerogenetic series of mineral deposits(IV)[J]. Mineral Deposits, 34(6): 1092-1106(in Chinese with English abstract).

CHEN Yu-chuan, PEI Rong-fu, WANG Deng-hong. 2006. On minerogenetic (metallogenetic) series: Third discussion[J]. Acta Geologica Sinica, 80(10): 1501-1508(in Chinese with English abstract).

CHENG Yu-qi, CHEN Yu-chuan, ZHAO Yi-ming, SONG Tian-rui. 1983. Further discussion on the problems of minerogenetic series of mineral deposits[J]. Bulletin of Chinese Academy of Geological Sciences, (6): 1-64(in Chinese with English abstract).

CHENG Yu-qi, CHEN Yu-chuan, ZHAO Yi-ming. 1979. Preliminary discussion on the problems of minerogenetic series of mineral deposits[J]. Bulletin of Chinese Academy of Geological Sciences, 1(1): 32-58(in Chinese with English abstract).

Department of Natural Resources of Qinghai Province. 2021. Brief table of mineral resources reserves of Qinghai Province by the end of 2020[R]. Xining: Department of Natural Resources of Qinghai Province(in Chinese).

FENG Yi-min, CAO Xuan-duo, ZHANG Er-peng, HU Yun-xu, PAN Xiao-ping, YANG Jun-lu, JIA Qun-zi, LI Wen-ming. 2003. Tectonic evolution framework and nature of the West Qinling Orogenic Belt[J]. Northwestern Geology, 36(1): 1-10(in Chinese with English abstract).

LU Ying-chuan. 2016. Skarn copper (gold) metallogeny and metallogenic regularities in the west section of the Western Qinling Orogen[D]. Beijing: China University of Geosciences(in Chinese with English abstract).

PAN Gui-tang, XIAO Qing-hui, LU Song-nian, DENG Jin-fu, FENG Yi-min, ZHANG Ke-xin, ZHANG Zhi-yong, WANG Fang-guo, XING Guang-fu, HAO Guo-jie, FENG Yan-fang. 2009. Subdivision of tectonic units in China[J]. Geology in China, 36(1): 1-28(in Chinese with English abstract).

PAN Tong. 2019. Discussion on the minerogenetic series of deposits in Qinghai, China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 41(3): 297-315(in Chinese with English abstract).

QI Sheng-sheng, WANG Bing-zhang, YU Wen-jie. 2013. Research report on evaluation of mineral resources potential and metallogenetic geological background in Qinghai Province[R]. Xining: Bureau of Geological Exploration and Development of Qinghai Province(in Chinese).

WANG Bing-zhang, HAN Jie, XIE Xiang-lei, CHEN Jing, WANG Tao, XUE Wan-wen, BAI Zong-hai, LI Shan-ping. 2020. Discovery of the Indosinian(Beryl-bearing) spodumene pegmatitic dike swarm in the Chakaibeishan Area in the north-eastern margin of the Tibetan Plateau: Implications for Li-Be mineralization[J]. Geotectonica et Metallogenia, 44(1): 69-79(in Chinese with English abstract).

WANG Deng-hong, CHEN Yu-chuan, XU Zhi-gang, HUANG Fan, WANG Yan, PEI Rong-fu. 2020. Minerogenetic series group: discussion on minerogenetic series (VI)[J]. Acta Geologica Sinica, 94(1): 18-35.

XU Zhi-gang, CHEN Yu-chuan, WANG Deng-hong, CHEN Zheng-hui, LI Hou-min. 2008. Division scheme of metallogenetic zones in China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

YANG He-qun, ZHAO Guo-bin, JIANG Han-bing, GU Ping-yang, WEN Zhi-liang, LI Zong-hui. 2022. Discussion on the metallogenetic series of mineral deposits in the metallogenetic belt of West Qinling, China[J]. Northwestern Geology, 55(1): 114-128(in Chinese with English abstract).

ZHANG Guo-wei, ZHANG Ben-ren, YUAN Xue-cheng, XIAO Qing-hui. 2001. Qinling orogenic belt and continental dynamics[M]. Beijing: Science Press: 1-805(in Chinese).

ZHANG Hong-fei, CHEN Yue-long, XU Wang-chun, LIU Rong, YUAN Hong-lin, LIU Xiao-ming. 2006. Granitoids around Gonghe basin in Qinghai province: petrogenesis and tectonic implications[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(12): 2910-2922(in Chinese with English abstract).

ZHANG Tao. 2015. The geochemistry characteristics and metallogenetic series of Gangcha Pluton in Tongren, Qinghai Province[D]. Beijing: China University of Geosciences(in Chinese with English abstract).

ZHANG Xue-ting, YANG Sheng-de. 2007. The studies of the tectonic plates of Qinghai Province—1:1000000 tectonic map instruction in Qinghai Province[M]. Beijing: Geological Publishing House: 1-220(in Chinese).

ZHANG Ying-li, WANG Zong-qi. 2011. Provenance analysis of Early Cretaceous Huixian-Chengxian basin, western Qinling orogenic belt, China: Constraints from zircon U-Pb geochronology[J]. Geological Bulletin of China, 30(1): 37-50(in Chinese with English abstract).