

青海成矿单元划分

潘 彤

(青海省地质矿产勘查开发局,青海 西宁 810001)

摘 要:成矿单元是区域成矿背景、成矿规律研究成果的集中表现,也是矿产勘查及预测评价的基础。根据找矿工作的需要,在全面收集前人研究成果的基础上,以大地构造演化为基础,以区域成矿规律为主线,突出研究区域内地层、构造、岩浆岩带和相关矿产的成矿作用,针对青海成矿构造单元之多样性、复杂性及独特性,系统阐述了青海成矿单元的划分方案。青海成矿单元划分为秦祁昆和特提斯 2 个 I 级成矿域,北祁连、柴达木盆地、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 级成矿带和 41 个 IV 级矿带。分析讨论了划分出的 III 级成矿带和 IV 级成矿亚带的成矿条件、优势矿种及矿床类型等,为进一步研究青海成矿规律奠定基础,对青海今后区域找矿方向和成矿预测提供指导。

关键词:成矿单元;构造演化;成矿区带;找矿;预测;成矿规律;青海

中图分类号:P612

文献标志码:A

Classification of Metallogenic Units in Qinghai, China

PAN Tong

(Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Qinghai Province, Xining 810001, Qinghai, China)

Abstract: Metallogenetic units show regional mineralization setting and regularity, and are the foundation of mineral prospecting, exploration and prediction assessment. According to the demand for mineral prospecting and exploration, based on the former's research achievement, in terms of regional tectonic evolution and mineralization regularity of stratigraphy, tectonic, magmatic belt and associated mineral, the metallogenetic units in Qinghai were classified systematically, complicatedly and uniquely. The classification of metallogenetic units include 2 I-grade metallogenetic domains of Qin-Qi-Kun and Tethyan, 6 II-grade metallogenetic provinces of North Qilian, Qaidam Basin, East Kunlun, the western of West Qinling, Hoh Xil-Bayan Har and the westward extension of North Sanjiang, 16 III-grade metallogenetic belts and 41 IV-grade metallogenetic subbelts. And then, the mineralization condition, dominant minerals and deposit types of III-grade metallogenetic belts and IV-grade metallogenetic subbelts were analyzed in order to find the mineralization regularity and provide prospecting direction and metallogenetic prediction in Qinghai.

Key words: metallogenetic unit; tectonic evolution; metallogenetic belt; prospecting; prediction; mineralization regularity; Qinghai

0 引 言

成矿单元(又称为成矿区带)是具有丰富矿产资

源及潜力的成矿地质单元。成矿单元的科学划分是区域成矿规律研究成果的集中体现,也是区域成矿预测、普查找矿和资源潜力评价的基础^[1]。成矿区

收稿日期:2016-07-04

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(DD20160346);青海省重大科技专项项目(2016-SF-A3)

作者简介:潘 彤(1966-),男,青海乐都人,教授级高级工程师,理学博士,E-mail:pant66@163.com。

带主要阐明的是各个矿床的空间分布和形成的成矿地质环境,是区域地质构造演化相对独立的构造单元和具有矿产资源潜力的成矿地质单元。成矿区带又是研究总结成矿规律的基本场所。在矿产普查和预测工作中,成矿区带是圈定预测远景区、估算矿产资源潜力的基础空间范围^[2]。成矿区带的科学合理划分是矿产资源预测和评价不可缺少的研究内容,对地质找矿工作宏观部署具有重要的指导意义。

21 世纪初,在中国矿产资源潜力评价中,徐志刚等制定了《中国成矿区带划分方案》^[3],其被作为中国成矿区带划分的基础。《青海省矿产资源潜力评价成矿地质背景研究报告》已就青海成矿区带划分进行了一定的研究工作,并对青海成矿单元进行了多级划分^[4]。一些学者从不同角度进行了青海成矿单元探讨^[5-7],取得了一些成果认识,但涉及的矿种和内容均与指导区域矿产勘查工作部署的要求有一定差异。针对这些问题,本文在充分利用已取得的成果和《中国成矿区带划分方案》基础上,从青海成矿规律及成矿特征出发,以Ⅲ级成矿带和Ⅳ级成矿亚带为重点,全面系统地划分青海成

矿单元,为普查找矿工作、成矿规律总结及今后成矿预测提供依据。

1 区域成矿地质背景

青海地处青藏高原东北部,主体属特提斯构造域^[8]。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^[9],为秦祁昆构造域和特提斯超构造域的结合部位。根据地质特征,青海被划分为 12 个成矿大地构造单元(图 1)。

青海出露有元古宙以来各个时期的地层,其中中生代地层分布最为广泛。地层以东昆仑南部断裂(昆南)为界,分南、北两大地层区:北部区以祁连山和东昆仑为主体,包含阿尔金山南坡和柴达木盆地,以广泛分布元古界、古生界为特色,记录了晚古生代以前的地史演化特征;南部区以可可西里山、阿尼玛卿山、唐古拉山为主体,包含东部的西倾山和兴海—共和盆地,以广泛分布中—新生界为特点。

前震旦纪地壳长期稳定沉降,地层厚度大,主要分布于昆仑山南坡—秀沟—玛沁断裂带以北。早古生代以裂谷发育为重要特征的活动阶段形成早古生

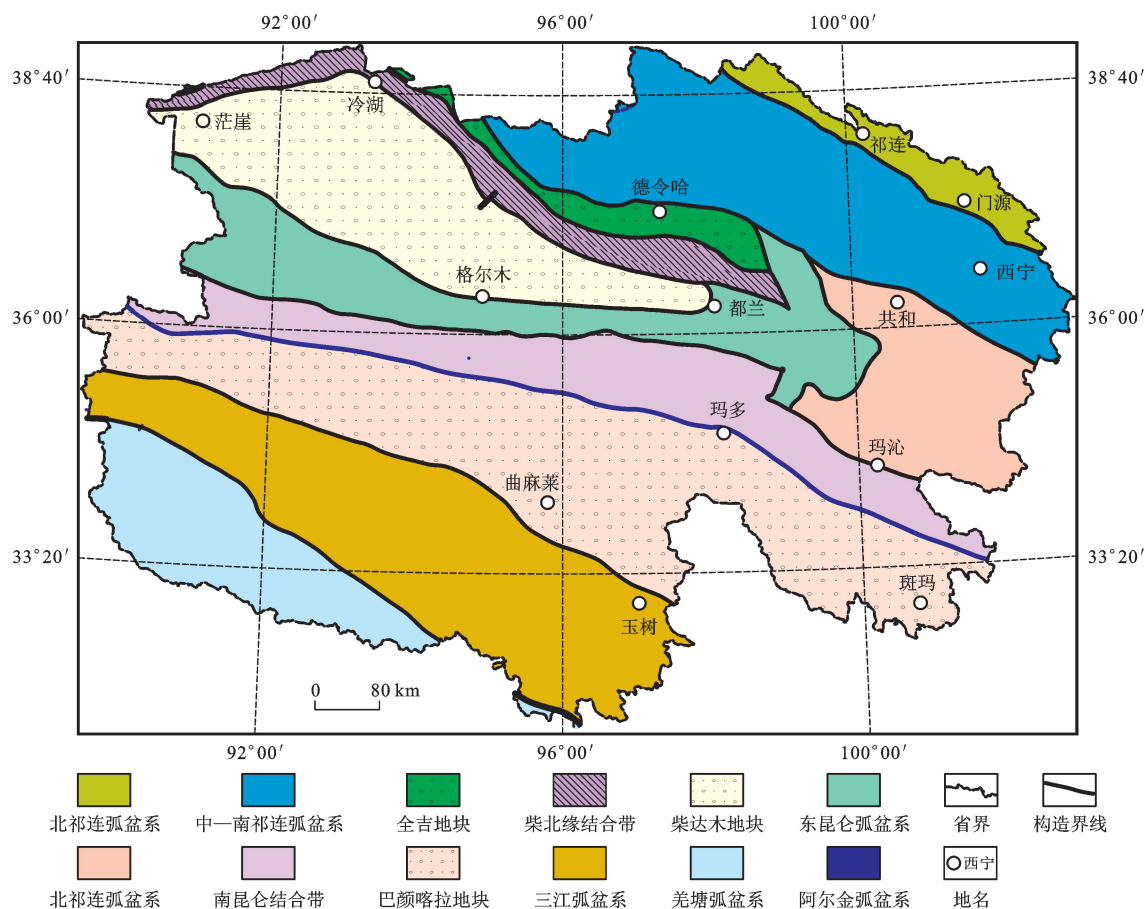


图 1 青海大地构造略图

Fig. 1 Tectonic Sketch Map of Qinghai

代活动型沉积。在中一晚中生代至新生代(侏罗纪—第三纪)阶段,青藏高原开始进入陆内造山阶段,沉积以陆相碎屑岩建造为特征,燕山运动出现山间断陷盆地沉积,喜马拉雅运动使柴达木、西宁、共和等盆地继续大幅度下降,沉积了内陆湖泊相的砾、砂砾、砂质和泥质碎屑岩岩系。青海三叠纪沉积最广泛,约占全省面积的1/2,石炭纪、二叠纪及元古宙地层亦占有重要位置。青海志留纪前(包括志留纪)为海相沉积,自白垩纪开始为陆相沉积,泥盆纪至侏罗纪海相与陆相沉积地层并存,沉积类型以活动型、次活动型(过渡型)为主,显示出较为典型的造山带特征。

青海岩浆频繁强烈,形成了一系列多期次不同类型和不同岩性岩相组合的火山岩浆建造。加里东期火山岩全部分布在昆仑以北,主要集中在北祁连、祁漫塔格、柴达木盆地北缘(简称“柴北缘”)—都兰东地区;华力西期火山岩除了北祁连外,广布于青海其他地区,特别是沱沱河—杂多、西金乌兰—玉树、布喀达坂—阿尼玛卿等地区,构成青海最大的火山作用旋回;印支期火山岩主要集中在西金乌兰—玉树、昆仑和鄂拉山等地区;燕山期火山岩零星分布于青海东部;喜山期火山岩集中于可可西里和长江源头的各拉丹东地区。

兴凯—前兴凯期侵入岩分布很少,主要在格尔木南部的昆仑北、乌兰、大通地区;中寒武世—早泥盆世侵入岩全部分布于昆仑以北,祁连山地区最多,环柴达木盆地也有少量分布;中泥盆世—中三叠世侵入岩分布面积最大,主要集中于环柴达木盆地,特别是昆仑地区;晚三叠世侵入活动很强,侵入岩主要分布于昆仑、鄂拉山、大柴旦—泽库、巴颜喀拉和风火山—玉树地区;燕山期以后侵入活动变弱,侵入岩主要分布于雁石坪—囊谦、巴颜喀拉地区。

青海成矿演化概况为:太古代—古元古代从相对宁静的构造期,经吕梁运动、区域动力热流变质作用、造山期花岗岩侵位,固结形成结晶基底,成为罗迪尼亚超大陆的组成部分,该阶段形成铁矿、磷矿、石墨等特色矿产;从南华纪开始,秦祁昆及其以北地区是特提斯洋的北部活动陆缘,加里东期形成秦祁昆洋,其后形成多岛弧盆系,形成与海相火山活动有关的铜多金属矿、稀土矿以及与蛇绿岩有关的石棉矿,海西期洋闭合,秦祁昆地区进入碰撞造山时期,使得东昆仑地区Cu、Pb、Zn、Au、W、Mo元素大量聚集,Ni元素巨量富集;而三江成矿域仍然是古特提斯洋的活动陆缘,岛弧盆体系形成与海相火山活

动有关的有色多金属矿,华力西运动也使陆缘剥蚀区增大,巴颜喀拉前陆盆地接受大量陆源碎屑沉积,为金矿提供物质来源;三叠纪末的印支运动使特提斯洋闭合、造山,形成东昆仑、巴颜喀拉、唐古拉三大造山带,为造山型金矿提供物质来源;印支末期巴颜喀拉运动阶段,柴达木盆地开始形成,逐渐成为高山深盆格局,在北部隆起的边缘拗陷沉积了早、中侏罗世煤系及油页岩、铀钍等矿产,渐新世—上新世在还原条件下生成了油气的生储层系,同时有石膏、石盐、钙芒硝、钾盐的沉积。

2 成矿单元划分原则

(1)以研究区所处的大地构造环境为基础原则。成矿单元是成矿作用及产物的载体,在各种控矿条件最佳耦合条件下,一定区域内由一个或多个成矿旋回叠加,可形成矿化强度大、矿床分布集中的矿化密集区。矿床实际上是地壳历史演化的产物和特殊标志,因此,成矿的地质构造环境及与其有关的成矿作用所涉及的范围是圈定成矿单元边界的地质科学依据。

(2)逐级圈定成矿单元原则。本次划分的依据是中国成矿单元划分方案。中国成矿单元分为5级:成矿域(I级)、成矿省(II级)、成矿带(III级)、成矿亚带(IV级)、矿田(V级)。限于篇幅,本文将青海成矿单元划分到成矿亚带。

(3)突出成矿单元重点矿种原则。在同一地区出现的矿床可能是在不同地质时代由不同成矿作用形成的,属于不同的成矿单元,因而其找矿远景也各不相同。陈廷愚等提出把不同的成矿单元剥离出来^[10]。笔者认为划分应该考虑重要或者优势矿产的成矿作用,如本次柴达木盆地成矿省的划分就是从这个原则考虑的。

(4)地质、矿化、物探和化探资料相互印证原则。以成矿地质背景为基础,结合地球物理场、地球化学场等资料相互印证,进行科学划分。地球化学场、地球物理场资料对厘定成矿区带边界具有一定参考意义。

(5)综合分析原则。每一次地质构造热事件都包括特定的成矿作用和矿化类型,不同级序的区域构造控制着不同级别成矿区带的空间分布范围、金属矿床类型及元素富集程度。成矿有利部位往往是地质构造界面或者是构造活动的强烈部位,因此,成矿区带的范围可能跨越不同的构造单元^[11]。由于青海成矿条件复杂且研究程度薄弱,应在综合分析

的基础上进行划分。

3 成矿单元划分结果

根据成矿单元划分原则,结合成矿区带划分的原

则和步骤,青海地跨秦祁昆及特提斯两大成矿域,本次共划分出北祁连、柴达木盆地、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级成矿带和 41 个Ⅳ级成矿亚带(图 2、表 1)。

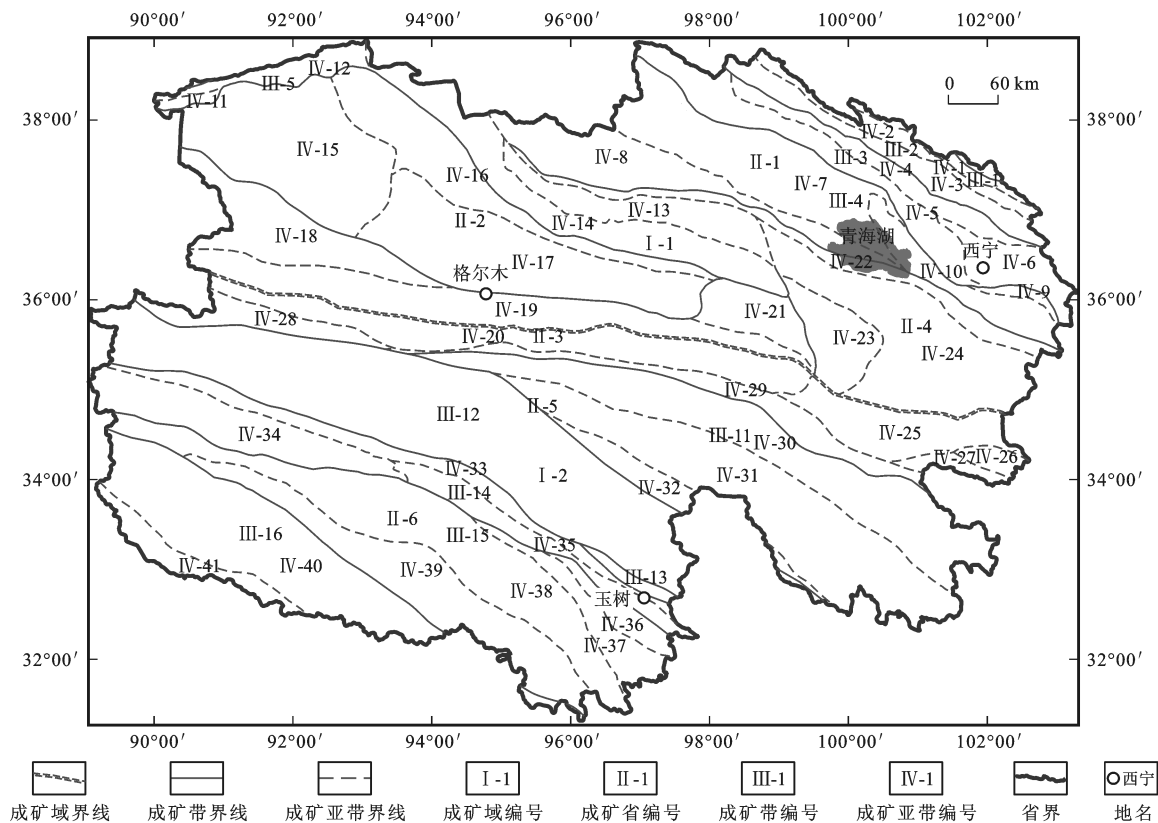


图 2 青海成矿单元分布

Fig. 2 Distribution of Metallogenic Units in Qinghai

4 成矿单元基本特征

4.1 北祁连成矿省(Ⅱ-1)

北祁连成矿省位于青海北部,北以省界为界,南以宗务隆山北缘深断裂为界,西北起自党河南山的青海与甘肃省界,东止于青海湖构造三单元接点。该成矿省在青海境内长约 430 km,宽 40~60 km,向东部、西部及北部均延入甘肃境内。

该成矿省出露地层主要为中寒武世半深海斜坡沟谷环境黑刺沟组以及与岛弧环境有关的早奥陶世阴沟群。区域断裂构造线总体以 NWW 向为主,次为 NEE 向和近 EW 向断裂。区内岩浆活动强烈频繁,侵入作用与喷发作用交替出现,火山岩及中酸性侵入岩以早古生代最为发育。目前对北祁连构造演化观点认识较为一致的是宋述光等的四阶段划分^[12]:新元古代—寒武纪洋壳发育阶段;奥陶纪大洋俯冲闭合阶段;志留纪为残余海盆阶段;早泥盆纪造山形成磨拉石建造,中、晚泥盆世之后为剥蚀夷平期。

该区从元古代到新生代均有矿床形成,形成铁、锰、铬、铜、铅、锌、金、铌、钽、石棉、滑石、玉石等矿产。加里东成矿期是铜铅锌有色金属矿最主要的成矿期,成矿类型有喷流-沉积型、火山喷气型多金属矿,其次有沉积变质型铁矿及构造蚀变岩型金矿。北祁连成矿省包括 4 个Ⅲ级成矿带和 10 个Ⅳ级成矿亚带。

4.1.1 河西走廊 Cu-Pb-煤成矿带(Ⅲ-1)

河西走廊 Cu-Pb-煤成矿带北以省界为界,南以冷龙岭为界,大部在甘肃境内,向东部、西部及北部均延入甘肃境内。构造处在河西走廊弧后洋盆(冷龙岭蛇绿岩),出露地层有古元古界角闪岩为主的变质岩、下奥陶统碳酸盐岩和钙碱性火山岩、上泥盆统碎屑岩建造、下石炭统含煤碎屑岩。该成矿带由于主体在甘肃境内,没有进行成矿亚带(Ⅳ级)的划分。代表性矿产有门源县宁缠煤矿、敖包沟铜矿化点。

4.1.2 北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带(Ⅲ-2)

北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉

表 1 青海成矿单元划分结果

Tab.1 Results of Classification of Metallogenic Units in Qinghai

成矿域及编号	成矿省及编号	成矿带及编号	成矿亚带及编号
秦祁昆 成矿域 (I-1)	北祁连 成矿省 (II-1)	河西走廊 Cu-Pb-煤成矿带(III-1)	
		北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫 铁矿-石棉成矿带(III-2)	河西走廊南山北坡 Cu-Au-Co-Mo 成矿亚带(IV-1) 河西走廊南山南坡 Cu-Au-Pb-Zn-Fe 成矿亚带(IV-2) 托勒山—大坂山 Cu-Au-Pb-Zn-Fe-Cd-石棉-白云岩成矿亚带(IV-3)
		中祁连 Fe-Cu-Cr-Ni-W-Mo-Pb-Zn- P-石英岩-白云岩成矿带(III-3)	南尕日岛—花石峡 W-Mo-稀有金属成矿亚带(IV-4) 木里—海晏 Cu-Sb-Au-煤成矿亚带(IV-5) 大通—高庙 Fe-Mn-Au-石灰岩-石英岩成矿亚带(IV-6) 哈拉湖—龙门 W-Au-Cu-Pb-石灰岩成矿亚带(IV-7)
		南祁连 W-Pb-Zn-Au-Cu-Ni-Cr-Ag- 稀土元素-砂金成矿带(III-4)	居洪图—石乃亥 Pb-Zn-Ag-砂金成矿亚带(IV-8) 拉脊山 P-Fe-稀土元素-Au-Cu-Ni-Cr 成矿亚带(IV-9) 日月山—化隆 Ni-Cu-Pt 成矿亚带(IV-10)
	柴达木盆地 成矿省 (II-2)	阿尔金 Au-Cu-Ni-Cr-稀土元素-石 棉-玉石成矿带(III-5)	茫崖—采石沟 Fe-Au-石棉-煤成矿亚带(IV-11) 牛鼻子梁—俄博梁 Fe-Cu-Au-Ni-稀土元素-石墨成矿亚带(IV-12)
		柴北缘 Pb-Zn-Mn-Cr-Au-煤-白 云母-稀有金属-稀土元素成矿带(III-6)	欧龙布鲁克—乌兰 W-Fe-Cu-Ti-稀有金属-稀土元素-黏土- 石盐-宝玉石成矿亚带(IV-13) 赛什腾山—阿尔茨托山 Pb-Zn-Au-W-Sn(Cu、Co、稀土元素)- 金红石成矿亚带(IV-14)
		柴达木盆地 Li-Rb-B-U-盐类-石油- 天然气-煤成矿带(III-7)	柴达木盆地西部拗陷区 Sr-石油-天然气-芒硝-钾镁盐成矿亚带(IV-15) 柴北缘断块区 B-U-石油-天然气-煤成矿亚带(IV-16) 柴达木盆地东部第三系隆起区 Li-Rb-钾镁盐-天然气成矿亚带(IV-17)
	东昆仑成矿省 (II-3)	东昆仑 Ni-Fe-Pb-Zn-Cu-Co-Au-W- Sn-玉石-硅灰石成矿带(III-8)	祁漫塔格 Ni-Fe-Cu-Pb-Zn-Au-Mo 成矿亚带(IV-18) 伯咯里克—香日德 Au-Cu-Pb-Zn-Fe-Ni-石墨成矿亚带(IV-19) 东昆仑增生楔 Cu-Co-Au-W-Sn-Ag 成矿亚带(IV-20) 夏日哈—什多龙 Fe-Pb-Zn-Ag-Sn-Mo-硅灰石-白云岩成矿亚带(IV-21)
	西秦岭西 成矿省 (II-4)	西秦岭 Pb-Zn-Cu(Fe)-Au-Sb-煤-大 理岩-盐-泥炭成矿带(III-9)	宗务隆—双朋西 Pb-Zn-Ag-Au-盐湖盐-煤成矿亚带(IV-22) 鄂拉山 Cu-Pb-Zn-Sn 成矿亚带(IV-23) 青海南山—同仁 Pb-Zn-Cu-Au-W-Sb-Hg 成矿亚带(IV-24) 苦海—泽库 Hg-Sb-Au 成矿亚带(IV-25) 西倾山 Hg-Sb(Au)-泥炭成矿亚带(IV-26) 柯生 Cu-Au 成矿亚带(IV-27)
	可可西里— 巴颜喀拉 成矿省 (II-5)	阿尼玛卿 Cu-Co-Zn-Au-Ag-硫-煤-蛇 纹岩成矿带(III-10)	布喀达坂 Cu-Co-Au(Sb)-煤-蛇纹岩成矿亚带(IV-28) 布青山—积石山 Cu-Co-Au-Sb-煤-蛇纹岩成矿亚带(IV-29)
		北巴颜喀拉—马尔康 Au-Sb-Fe-Ni- 砂金-泥炭成矿带(III-11)	两湖—甘德 Au-Sb(稀土元素、W、Sn)成矿亚带(IV-30) 雅拉达泽—班玛 Au-Sb-泥炭成矿亚带(IV-31) 巴颜喀拉山口 Au-Pb-Ag 成矿亚带(IV-32)
		南巴颜喀拉—雅江 Li-Be-Au-Cu-Pb- Zn 砂金-盐类成矿带(III-12)	
	三江北西延 成矿省 (II-6)	哈秀—直门达 Au-Ag-Pb-Zn-Cu-Sn- Hg-Sb-W-Be 成矿带(III-13)	
		西金乌兰—巴塘 Fe-Cu-Pb-Zn 成矿 带(III-14)	西金乌兰—玉树 Fe-Cu-Pb-Zn 成矿亚带(IV-33) 乌兰乌拉—风火山 Cu-Ag-Pb-Zn 成矿亚带(IV-34) 曲柔尔卡—赵卡隆 Cu-Pb-Zn-Ag-Fe(W、Sb、Au、稀有金属)成矿亚带(IV-35)
		玛章错钦湖—囊谦 Cu-Pb-Zn-Ag- Au-Fe-Hg-Sb-石膏-煤-盐类成矿带 (III-15)	下拉秀 Pb-Ag-稀有金属成矿亚带(IV-36) 杂卡都 Pb-Ag 成矿亚带(IV-37) 乌丽—囊谦 Cu-Mo-Pb-Zn-Ag-煤-盐类成矿亚带(IV-38) 开心岭—莫云 Fe-Cu-Pb-Ag-稀有金属成矿亚带(IV-39)
		小唐古拉山 Fe-Cu-Pb-Zn-Au-水晶- 石膏成矿带(III-16)	雁石坪 Pb-Zn-Fe-Cu(Sn、Sb)成矿亚带(IV-40) 唐古拉山南坡 Fe-钾盐成矿亚带(IV-41)

成矿带北以冷龙岭为界,南以中祁连北缘断裂带为界,西起祁连县洪水坝,东至门源县珠固寺,向东部、西部及北部均延入甘肃境内。其成矿地质条件与河西走廊类似,进一步划分出 3 个Ⅳ级成矿亚带。

(1)河西走廊南山北坡 Cu-Au-Co-Mo 成矿亚带(Ⅳ-1),形成与下奥陶统海相火山活动有关的浪力克铜矿床。浪力克铜矿床成因有争议,有学者认为其与下奥陶统海相火山活动有关,也有学者认为其是与次火山岩有关的斑岩型铜矿床。

(2)河西走廊南山南坡 Cu-Au-Pb-Zn-Fe 成矿亚带(Ⅳ-2),中寒武世黑刺沟组火山岩段赋存小沙龙海相火山岩型铁矿,郭米寺、大柳沟、弯阳河、下沟、尕大坂、下柳沟、白柳沟等铜铅锌矿床均产于早一中寒武世双峰型火山岩组合中。尕大坂铜铅锌矿是代表之一,具有与典型黑矿十分相似的矿化特征和成矿环境,是一个典型的在岛弧环境下由海底火山喷发形成的黑矿型块状硫化物矿床。

(3)托勒山—大坂山 Cu-Au-Pb-Zn-Fe-Cd-石棉-白云岩成矿亚带(Ⅳ-3),产于中寒武世海相火山碎屑岩系中白云岩矿。代表性矿产有互助罗藏沟白云岩,与下奥陶统海相火山活动有关的塞浦路斯型铜矿(如阴凹槽铜矿床),与加里东成矿期超基性岩小八宝石棉矿、黑刺沟化肥用蛇纹石,构造蚀变岩型金矿(如川刺沟金矿、松树南沟金矿)。

4.1.3 中祁连 Fe-Cu-Cr-Ni-W-Mo-Pb-Zn-P-石英岩-白云岩成矿带(Ⅲ-3)

中祁连 Fe-Cu-Cr-Ni-W-Mo-Pb-Zn-P-石英岩-白云岩成矿带位于祁连造山带中部,北以北祁连南缘断裂为界,南以疏勒南山—拉脊山北坡断裂为限,呈西窄东宽的“S”形条块状展布,东西两端延入甘肃境内。区内元古界变质岩系分布广泛,局部有寒武系—奥陶系、泥盆系—石炭系及中生代地层出露。加里东期中酸性侵入岩分布广泛,NW 向和 NWW 向断裂较发育。该成矿带可进一步划分出 3 个Ⅳ级成矿亚带。

(1)南尕日岛—花石峡 W-Mo-稀有金属成矿亚带(Ⅳ-4),矿化普遍,类型较多。有色、稀有金属矿化沿断裂带分布,自西向东有南尕日岛铌钽矿点、其荷扎多金属矿点、大黑山钨矿点、花石峡钨钼矿点等,西延与甘肃塔尔沟钨矿床对接。

(2)木里—海晏 Cu-Sb-Au-煤成矿亚带(Ⅳ-5),含煤地层为上三叠统和中、下侏罗统碎屑岩系,以木里煤田为代表。木里煤田是青海最大的煤田,产于中元古界蓟县系花石山群门旦峡大怀口白云岩

矿床。

(3)大通—高庙 Fe-Mn-Au-石灰岩-石英岩成矿亚带(Ⅳ-6),石英岩、大理岩、白云石大理岩矿集中产于中、下元古界变质地层中,以大通县斜沟石英岩矿床、互助县南门峡白云岩矿床为代表。

4.1.4 南祁连 W-Pb-Zn-Au-Cu-Ni-Cr-Ag-稀土元素-砂金成矿带(Ⅲ-4)

南祁连 W-Pb-Zn-Au-Cu-Ni-Cr-Ag-稀土元素-砂金成矿带西北起自党河南山的青海与甘肃省界,东止于青海湖构造三单元接点,划分为 4 个Ⅳ级成矿亚带。

(1)哈拉湖—龙门 W-Au-Cu-Pb-石灰岩成矿亚带(Ⅳ-7),元古界出露极少,下古生代地层沿北缘边界断裂南侧断续出露。加里东晚期中酸性侵入岩发育岩体分布与区域构造线方向一致。断裂以 NW 向、EW 向基底断裂为主。代表性矿产有与花岗岩类有关的接触交代型-热液型钨、锡、铅、锌、铜矿床,以龙门钨矿为主。

(2)居洪图—石乃亥 Pb-Zn-Ag-砂金成矿亚带(Ⅳ-8),中酸性侵入岩十分发育,尤以西段集中,构成较为醒目的花岗岩带。侵入时代为加里东晚期,以花岗岩、二长花岗岩为主,次为花岗闪长岩等。岩体规模较大,多呈岩基产出,岩体展布呈 NW 向,与区域构造线方向基本一致。代表性矿产以热液交代型为主,归属加里东期与花岗岩类有关的钨、锡、铅、锌、银矿床成矿作用。该成矿亚带西段居洪图、雅沙图一带出露的河湖相沉积层发育第四系砂金矿床。

(3)拉脊山 P-Fe-稀土元素-Au-Cu-Ni-Cr 成矿亚带(Ⅳ-9),该带是在前寒武纪基底上由拉张作用生成的陆内裂谷带。已发现有一定规模的矿床为与铁质超基性岩有关的元石山镍钴铁床、上庄磷铁(稀土)矿床。

(4)日月山—化隆 Ni-Cu-Pt 成矿亚带(Ⅳ-10),北以拉脊山南缘深断裂为界,南以青海南山大断裂为界,西起日月山,向东延入甘肃境内。该成矿亚带元古界化隆群变质岩系广泛分布。加里东期基性—超基性岩较发育,是铜镍成矿的母岩,在其中已发现拉水峡铜镍矿床和裕龙沟铜镍矿床。

4.2 柴达木盆地成矿省(Ⅱ-2)

本次将柴达木盆地成矿省单独列出主要考虑到其成矿以盐湖、能源矿产为主,结晶基底的范围应包括柴北缘,体现了其成矿独特性、继承性、统一性。此外,南阿尔金和柴北缘 3 种岩浆岩结晶岩总体年龄都在 400~500 Ma 之间,南阿尔金与柴北缘分别

为同一条构造带^[13],因此,将阿尔金、柴北缘归并到该成矿省。其成矿时代为中生代到新生代,以沉积成矿作用为主要类型。柴达木盆地略呈三角形,东西长约 800 km,南北宽约 300 km。该成矿省包括 3 个Ⅲ级成矿带和 7 个Ⅳ级成矿亚带。

4.2.1 阿尔金 Au-Cu-Ni-Cr-稀土元素-石棉-玉石成矿带(Ⅲ-5)

阿尔金 Au-Cu-Ni-Cr-稀土元素-石棉-玉石成矿带位于阿尔金山西段的采石岭北部,东与柴北缘成矿带毗邻,向北延入新疆境内,在青海境内呈三角形展布,东西长约 36 km,最宽处约 8 km。矿产以铁、金、多金属、铬、石棉为主。该成矿带在大地构造位置上属阿尔金古陆缘活动带南侧,出露地层有元古代变质碳酸盐岩-碎屑岩建造和奥陶纪双峰式火山岩建造,有蛇绿岩分布^[14]。该成矿带可分出 2 个Ⅳ级成矿亚带。

(1)茫崖—采石沟 Fe-Au-石棉-煤成矿亚带(Ⅳ-11),出露地层以奥陶系为主。除花岗岩外,该成矿亚带分布有超基性岩体群,即阿尔金蛇绿岩套下部以斜辉橄榄岩、斜辉辉橄岩和纯橄岩为主组成的似层状超基性岩。这一岩石组合对于纤蛇纹石石棉、滑石、菱镁矿、玉石等矿种具有一定的成矿专属性^[15],是中国最大的石棉矿带。采石沟金矿产于奥陶纪—志留纪滩间山群火山岩中,为岩浆期后热液型金矿^[16]。

(2)牛鼻子梁—俄博梁 Fe-Cu-Au-Ni-稀土元素-石墨成矿亚带(Ⅳ-12),主要出露古元古代金水口岩群和第四系坡积物,发育 NE 向、近 EW 向断裂。岩浆活动以中酸性侵入岩类为主,其次为基性、超基性岩类,其多为加里东期、华力西期岩浆作用的产物。其中,镁铁质—超镁铁质侵入岩呈 NE 向带状分布,侵位于古元古代金水口岩群中。近年来发现的牛鼻子梁镍矿镁铁质—超镁铁质岩体侵位于柴达木盆地西北缘古元古代金水口岩群中;锆石 U-Pb 年龄为 361~402 Ma,说明其为泥盆纪碰撞造山陆内伸展阶段的产物^[17]。地壳混染导致浸染状矿石中同位素组成不均一,从而得出牛鼻子梁矿石 Re-Os 等时线年龄(645 Ma)大于岩体锆石年龄(367 Ma)^[18]。路耀祖等在大通沟南山古元古代金水口岩群大理岩发现沉积变质型石墨矿床^[19]。

4.2.2 柴北缘 Pb-Zn-Mn-Cr-Au-煤-白云母-稀有金属-稀土元素成矿带(Ⅲ-6)

柴北缘 Pb-Zn-Mn-Cr-Au-煤-白云母-稀有金属-稀土元素成矿带经赛什腾山、绿梁山、锡铁山、阿木

尼克山,东至沙柳河,北以大柴旦—乌兰断裂与柴北缘台隆分界,南以柴北缘断裂带与柴达木盆地毗邻。该成矿带从丁子口至沙柳河段呈 NW 向展布,长约 620 km,宽为 6~88 km,总面积约 39 463 km²。

该成矿带成矿特征为:元古代柴达木地块基底的形成及其晋宁期汇聚事件群、晚奥陶世古洋壳的消减和俯冲作用带形成锡铁山式喷流-沉积型铅锌矿;与此同时,滩间山群榴辉岩体和奥陶纪花岗岩体中均发育韧性剪切变形,其接触带附近形成滩间山蚀变糜棱岩型金矿。中、新生代断续形成斜列式展布的断陷盆地群,沉积有小煤沟组和大煤沟组等含煤碎屑岩和深湖相含油页岩建造。喜山期沿一些断裂带分布的柯柯赛山间盆地、乌兰—柯柯盐湖盆地、查卡盆地等形成以化学作用主导的盐类矿产。该成矿带发生多期成矿作用,矿产丰富,已发现的金属矿产有铁、铬、锰、铜、铅、锌、钨、金、银、锂、铌、钽等,非金属矿产有煤、黏土、石灰岩、白云岩、硫铁矿、重晶石、萤石等。该成矿带是青海有色金属、贵金属矿化集中区,划分为 2 个Ⅳ级成矿亚带。

(1)欧龙布鲁克—乌兰 W-Fe-Cu-Ti-稀有金属-稀土元素-黏土-石盐-宝玉石成矿亚带(Ⅳ-13),位于柴达木盆地东北缘,北以宗务隆山断裂为界,南以丁子口—乌兰断裂为界与赛什腾山—阿尔茨托山成矿带相接,东以哇洪山—温泉断裂为界,总体呈 NWW 向展布。该成矿亚带西段以煤、油气为主,东段以多金属矿产、非金属矿产为主,包括与古元古代达肯达坂岩群混合岩化伟晶岩有关的稀有金属、钾长石、白云母矿床,乌兰沙柳泉云母绿柱石、沙柳泉钽铌矿床等。托赖岩群形成与区域动力热流变质作用有关的乌兰县王家琪铁矿点和德令哈市高特拉蒙钛磷矿床。该成矿亚带在侏罗世形成与湖沼相沉积岩有关的煤、黏土矿床,包括海西州大柴旦镇绿草山煤矿、德令哈市柏树山黏土矿。该成矿亚带新生代形成与山间盆地沉积有关的柯柯盐湖盐矿床。

(2)赛什腾山—阿尔茨托山 Pb-Zn-Au-W-Sn (Cu、Co、稀土元素)-金红石成矿亚带(Ⅳ-14),东北以大柴旦—乌兰断裂与Ⅳ-13 成矿带分界,西南以柴北缘断裂带与柴达木盆地毗邻。该成矿亚带是青海比较重要的内生金属成矿带之一,产于中—新元古代蓟县系万洞沟群。该成矿亚带形成与中酸性侵入岩有关的海西州大柴旦镇滩洞山金矿床,与加里东期镁质基性—超基性岩有关的铬铁矿、石棉、蛇纹岩、玉石类矿床,并以绿梁山铬铁矿床为代表。该成矿亚带奥陶纪形成与滩间山群海相火山作用有关的

锡铁山铅锌矿床,其为多次海底热水喷流-沉积成矿作用形成的^[20]。该成矿亚带在造山期后盖层中发育早、中侏罗世与湖沼相沉积岩有关的煤、油页岩,并以鱼卡煤田为代表。该成矿亚带新生代主要出露于山间盆地,产有海西州大柴旦镇小柴旦钾、硼矿床。赛坝沟金矿床产于志留纪花岗岩闪长岩-英云闪长岩中,严格受 NW 向韧性剪切带控制^[21]。近年来,陈鑫等在柴北缘超高压变质带鱼卡地区发现了大型榴辉岩型金红石矿床,其形成经历了早古生代相对快速的俯冲和折返过程^[22]。

4.2.3 柴达木盆地 Li-Rb-B-U-盐类-石油-天然气-煤成矿带(Ⅲ-7)

柴达木盆地是青藏高原北部边缘的一个巨大山间盆地,是中国大型内陆盆地之一,位于青海西北部。柴达木盆地 Li-Rb-B-U-盐类-石油-天然气-煤成矿带西起茫崖行委花土沟镇,东到都兰县以西,南自塔尔丁、格尔木、宗加以北,北自冷湖行委、锡铁山以东的山前地带,大致呈 NW—SE 向延伸。其形状似汤勺状,长约 640 km,宽为 130 km。

柴达木盆地基底主要由浅变质的古元古界沉积(中西部)和古元古界结晶岩系(中部)构成,而在其东部则由石炭系和上泥盆纪—石炭系浅变质碳酸盐构成^[23]。该成矿带早、中侏罗世由碎屑岩及含煤岩系组成,与下伏地层呈角度不整合,分布于柴北缘北部断阶。已知蒸发盆地为陆相第三系和第四系。柴达木盆地呈现出多凹多隆、形态多样的构造格局,包括柴北缘块断带、西部坳陷区、东部坳陷区。断裂非常发育,断裂活动控制着盆地的形成和演化,控制着盆地沉积发育过程和构造变形过程,造就了油气生成、运移、聚集、保存和改造等要素的配置。该成矿带是一个重要的油气和盐类成矿区,盐湖众多,除石盐、芒硝外,以钾盐闻名于世,并有丰富的锂、镁、硼矿产等。根据成矿作用特征,该成矿带可划分为 3 个Ⅳ成矿亚带。

(1)柴达木盆地西部坳陷区 Sr-石油-天然气-芒硝-钾镁盐成矿亚带(Ⅳ-15),第三纪初至渐新世,柴达木盆地已基本形成了封闭的沉积环境,上新世晚期在油墩子、大风山、大浪滩、黄瓜梁凹陷等地区形成石膏、芒硝、天青石等低溶解度钙钠锶硫酸盐型盐类沉积。中更新世成盐期遍布柴达木盆地西部的尕斯库勒、大浪滩、察汗斯拉图、昆特依、马海次盆地凹陷内,形成有石膏、石盐、芒硝、白钠镁矾、杂卤石、泻利盐等钠镁硫酸盐型盐类沉积。第三系下干柴沟组上段和上干柴沟组下段盐湖相暗色泥岩主力烃源岩

为油气形成提供了基础。代表矿床有大风山锶矿、一里坪芒硝、尕斯库勒油田,近年在该成矿亚带发现深层卤水钾矿。大浪滩深层卤水钾矿普查项目在 200~1 500 m 范围内初步查明 333+334 氯化钾资源量为 1.5637×10^8 t,这一成果在中国钾盐勘查史上具有里程碑意义:一是揭示了柴达木盆地深层卤水钾矿的巨大潜力;二是实现了钾资源勘查类型的突破;三是对中国其他盆地开展深层卤水钾矿勘查提供了有益借鉴。

(2)柴北缘断块区 B-U-石油-天然气-煤成矿亚带(Ⅳ-16),中、下侏罗统小煤沟组和大煤沟组湖沼相煤系泥岩形成煤矿,同时该套层位又是形成油气的主力烃源岩。上新世晚期,大柴旦等地区形成有硼砂、石膏、石盐沉积硫酸盐型盐类沉积。成矿集中于中生代、新生代,代表矿床有大柴旦盐湖硼矿、小柴旦湖硼镁矿、鱼卡煤矿、冷湖三号石油。

(3)柴达木盆地东部第三系隆起区 Li-Rb-钾镁盐-天然气成矿亚带(Ⅳ-17),柴达木盆地东部各沉积凹陷均陆续成盐,全新世时期沉积了大量的盐类。东部察尔汗等地主要为石盐、光卤石、钾石盐、水氯镁石等氯化物型钾镁盐沉积。三湖地区生物气的烃源岩是第四系盐湖相泥岩,柴达木盆地的地层和岩性圈闭十分有利于成藏。代表性矿床有一里坪锂矿、东台吉乃尔盐湖锂矿、西台吉乃尔盐湖锂矿、涩北气田、察尔汗钾盐矿。

4.3 东昆仑成矿省(Ⅱ-3)

东昆仑成矿省西起青海与新疆的边界,经过伯喀里克、野马泉、布伦台、埃坑德勒斯特、都兰县、兴海县等,止于兴海县尕马羊曲附近,呈两头宽、中间窄状,夹持于柴达木地块之柴达木内陆盆地和巴颜喀拉地块之可可西里—松潘周缘前陆盆地。该成矿省长约 850 km,宽一般为 70 km,最宽为 145 km。

该成矿省出露地层较多,主要有早元古代金水口岩群,中元古代长城系小庙组、蓟县系狼牙山组。其中,奥陶系祁漫塔格群碳酸盐岩-火山岩建造、泥盆系磨拉石建造为中性火山岩,呈现稳定的浅海-陆棚沉积。主要地层单元有下石炭统石拐子组,下石炭统大干沟组,上石炭统锦苏组,下石炭统哈拉郭勒组、浩特洛哇组,晚三叠世陆相中酸性火山岩建造。该成矿省区域构造活动强烈,NWW 向和 NW 向岩浆活动较强烈,同沉积火山频繁,主要沿大型变形构造带断续分布。基性—超基性、中酸性岩体均有出露,蛇绿岩在多处出露。中元古代—新元古代早期第一旋回为沉积变质型铁矿成矿期;震旦纪—

泥盆纪第二旋回为弧盆地构造背景和持续区域性伸展环境形成的有色、黑色金属成矿期;石炭纪—侏罗纪第三旋回活动大陆边缘产生一系列岩浆活动,形成贵金属、有色金属成矿期^[24]。整个东昆仑地区内生金属矿产比较丰富,是青海重要的铁多金属成矿带之一。

根据成矿作用特征,该成矿省可划分出1个Ⅲ级成矿带,即东昆仑 Ni-Fe-Pb-Zn-Cu-Co-Au-W-Sn-玉石-硅灰石成矿带(Ⅲ-8)。该成矿带已知矿产有镍、铁、锰、铬、钒、铅、锌、铜、锡、钨、钼、金、银、钴、水晶、石棉、石墨、玉石、硅灰石等^[25]。根据岩石组合、构造环境及成矿特征,该成矿带可划分为4个Ⅳ级成矿亚带。

(1)祁漫塔格 Ni-Fe-Cu-Pb-Zn-Au-Mo 成矿亚带(Ⅳ-18),位于柴达木盆地南缘,西起祁漫塔格,东至格尔木,南以昆北断裂为界,北侧被柴达木盆地台拗覆盖,总体呈NW向展布。古元古代金水口岩群以断块形式广泛分布,奥陶系祁漫塔格群广泛出露,自西向东延续性尚好。岩浆活动强烈,特别是中印支期中酸性岩浆侵入活动强烈,火山岩主要产于祁漫塔格群。该成矿亚带断裂构造比较发育,以NW向为主,次为NEE向。产于古元古代金水口岩群那西郭勒沉积变质型磁铁矿,与奥陶系祁漫塔格群有关的矿床有两类:一类是与祁漫塔格群火山作用有关的喷流-沉积型多金属矿,如肯德可克多金属矿床^[26];另一类是与岩体接触形成的矽卡岩型铁多金属矿(如尕斯库勒大型铁多金属矿床^[27]、格尔木市它温查汉铁多金属矿床)、与张型岛弧环境有关的岩浆熔离性镍矿(如夏日哈木镍钴矿床^[28-29])、与岩体接触形成的矽卡岩型铅锌矿(如格尔木市四角羊铅锌矿床)。其中,与张型岛弧环境有关的岩浆熔离性镍矿在柴达木盆地南、北缘均具有较大潜力^[30]。

(2)伯喀里克—香日德 Au-Cu-Pb-Zn-Fe-Ni-石墨成矿亚带(Ⅳ-19),位于昆仑山北坡,西起青海与新疆的边界,东至鄂拉山西缘,北以昆北断裂为界,南以昆中断裂为限,呈EW向展布。与成矿有关的地层主要有古元古界金水口岩群,中元古界长城纪小庙组、狼牙山组,新元古界青白口系丘吉东沟组,其次是奥陶系祁漫塔格群、上泥盆统牦牛山组、下石炭统大干沟组、中—下侏罗统大煤沟组。该成矿亚带断裂构造十分发育,按其走向延伸大致可分为NWW—EW、NW、NE及近SN向4组。NWW—EW向断裂具有切割深、延伸长、长期活动的深断裂特征,控制了区域地质构造演化及地层、岩浆岩、矿

产的形成和分布,是构造单元的分界断层。广泛发育的脆韧性断裂带则是金矿体的主要容矿构造。该成矿亚带岩浆岩类型繁多,岩浆活动频繁、岩浆岩空间分布广泛,形成东昆仑岩浆岩带。

该成矿亚带西段矿产接触交代热液型铁、铜及多金属矿床(点)通常分布在中酸性侵入岩体与地层接触带附近,还有与中晚三叠纪岩浆侵入有关的卡而却卡矽卡岩型铜多金属矿床;中段矿产构造蚀变岩型金矿分布于NW向大型剪切带及其旁侧的次一级断裂中,受构造控制明显,比如以印支期为主的多期次岩浆热液活动为金矿集中区的形成提供了极为丰富的深部矿质来源^[31],代表矿床有五龙沟金矿床;东段下元古界金水口岩群形成沉积变质型铁矿,如清水河、洪水河、磁铁山铁矿。近年来新发现的石头坑德镍矿的赋矿为镁铁质—超镁铁质岩体,位于东昆仑造山带之昆中区内,其围岩为金水口岩群白沙河岩组;其岩石类型丰富,岩浆分异充分,进一步证明东昆仑造山带镍成矿潜力巨大^[32]。总体来看,该成矿亚带金、铜、铅锌、铁等矿产均沿昆中断裂北侧呈近EW向带状分布。

(3)东昆仑增生楔 Cu-Co-Au-W-Sn-Ag 成矿亚带(Ⅳ-20),位于昆仑山南坡,介于昆中断裂与昆南断裂之间,呈EW向延展。该成矿亚带主要有万宝沟群,寒武系沙松乌拉组,奥陶系纳赤台群,志留系赛什腾组,泥盆系阿木尼克组,石炭系哈拉郭勒组,中石炭统一二叠统浩特洛哇组,二叠系马尔争组、格曲组,三叠系洪水川组、闹仓坚沟组、希里可特组、八宝山组,侏罗系羊曲组等。其中,万宝沟群,二叠系马尔争组,三叠系洪水川组、闹仓坚沟组是该成矿亚带的主要含矿地层。岩浆岩沿昆南断裂及两侧的次级断裂分布非常广泛,从加里东期到华力西期、燕山期均有一定程度分布。

该成矿亚带西段为昆仑河地区 Au-W-Sn-玉石成矿带,典型矿床有构造蚀变岩型大灶火—黑刺沟金矿,格尔木昆仑白玉以及近年来发现与华力西期、燕山期岩浆活动关系密切的 Sn、W 成矿带,如二道沟钨矿;中段纳赤台—开荒北 Au-Co 成矿带以小干沟金矿、纳赤台金矿、开荒北金矿、喷流-沉积型驼路沟钴(金)矿床为主;东段哈拉郭勒—督冷沟 Cu-Co-Pb-Zn-Au-Ag 成矿带代表性矿床有火山喷气沉积型督冷沟铜(钴)矿床,坑德弄舍金多金属矿,具多成矿物质来源、多控矿因素、多因复成特点的果洛龙洼金矿^[33]以及近年来新发现的中低温构造热液型那更康切尔独立银矿^[34]。

(4)夏日哈—什多龙 Fe-Pb-Zn-Ag-Sn-Mo-硅灰石-白云岩成矿亚带(Ⅳ-21),位于柴达木盆地东缘的都兰县以东地区。印支期—海西期中酸性侵入活动及上三叠统陆内火山活动强烈,地层主要为奥陶纪滩间山群碳酸盐岩夹碎屑岩、火山岩,下石炭纪哈拉郭勒砂岩、碎屑岩及火山岩。该成矿亚带岩浆活动强烈,NW向、NE向及EW向构造复合。断裂对矿产的形成和分布有重要影响。代表性矿床有都兰县海寺硅灰石矿、上龙岗白云岩矿床、小卧龙铁锡矿床、白石崖铁多金属矿,兴海县什多龙铅锌银矿床,哈日扎铅锌银矿、热水铝矿等。

4.4 西秦岭西成矿省(Ⅱ-4)

西秦岭西成矿省是秦岭造山带的西延部分,西缘以温泉哇洪山断裂为界,与东昆仑和柴达木地块毗邻,北侧以青海湖南缘断裂为界,与祁连山造山带相邻,南缘以阿尼玛卿缝合带为界,与松潘—甘孜造山带相接^[35],向东延入甘肃境内。该成矿省总体宽3~20 km,马兰县茶卡镇以东变宽(50~210 km)。西秦岭西成矿单元鄂拉山地区争议较大,青海矿产资源潜力评价报告将其划归为东昆仑构造单元。孙延贵等认为,鄂拉山地区岩浆活动主要形成于晚三叠世西秦岭与柴达木之间的陆陆碰撞环境中,和东昆仑岩浆岩带不是同一构造体制下形成的统一岩浆弧带^[36]。根据1:50 000 航磁异常特征,结合成矿独特性,笔者将其划归西秦岭西成矿省,古特提斯洋向北俯冲形成阿尼玛卿三叠纪蛇绿混杂岩^[37]。秦祁昆结合部早—中三叠世岩浆岩形成于古特提斯洋由南向北俯冲的大陆边缘弧环境下,而晚三叠世可能已经进入后碰撞阶段^[38]。大量岛弧钙碱性火山—岩浆作用形成斑岩—矽卡岩型矿床以及三叠纪弧前盆地沉积^[39]。中生代成矿作用强烈,代表性矿床有以沉积岩容矿的层控热液型金、汞、锑、铅锌矿床,喷流—沉积型铜多金属矿以及构造岩浆活动有关的金矿床。

根据成矿作用特征,该成矿省可划分出1个Ⅲ级成矿带,即西秦岭 Pb-Zn-Cu(Fe)-Au-Sb-煤-大理岩-盐-泥炭成矿带(Ⅲ-9)。该成矿带矿产丰富,成矿地质事件期次多,矿种组合复杂。出露地层主要有古元古代托赖岩群,志留纪巴龙贡葛尔组,晚石炭世—早二叠世土尔根达坂组,早二叠世果可山组,三叠纪隆务河组、下环仓组、古浪堤组,下—中侏罗统大煤沟组,新近纪上新世临夏组,新近纪中新世咸水河组、临夏组。断裂构造以NW向、EW向、近SN向为主。区域发育的印支期—燕山期中酸性侵

入岩活动强烈,而西倾山构造线总体呈NW向。岩浆活动不发育,出露印支期—燕山期小侵入体。根据成矿带划分原则和依据,本成矿带划分出6个Ⅳ级成矿亚带。

(1)宗务隆—双朋西 Pb-Zn-Ag-Au-盐湖盐-煤成矿亚带(Ⅳ-22),呈狭长带状NW—EW—NW向展布的长条型。该裂陷西段陆相侏罗纪河湖—湖沼型沉积盆地普遍沉积了含煤碎屑岩地层,形成大柴旦行委大柴旦镇大头羊煤矿;中段为与海相火山岩—沉积岩系有关的铜、铅、银矿化;东段为早二叠世,早、中三叠世碳酸盐与印支期中酸性岩接触交代形成的铁、铜、金矿化,代表双朋西金铜矿床形成于洋壳俯冲向陆陆碰撞转换的阶段,为矽卡岩型金铜矿床^[40]。此外,非金属矿产有共和县吾口沟后村饰面用大理岩、乌兰县茶卡盐湖盐矿床。

(2)鄂拉山 Cu-Pb-Zn-Sn 成矿亚带(Ⅳ-23),位于鄂拉山火山—岩浆弧弧前增生楔西南部位之鄂拉山造山带南部,处于NNW向温泉—瓦洪山断裂构造带东南端,北起鄂拉山断裂北端,向东南直抵共和、兴海两县边界,南从兴海县温泉乡向东到唐乃亥联线的青根河、大河坝河流域三角形区域内。

该成矿亚带有零星的以推覆体形式出现的早元古代片岩夹石英岩、大理岩的片麻岩。南部边缘呈NW向展布的下二叠统布青山群由碎屑岩、灰岩夹中基性—酸性火山岩组成。该成矿亚带三叠世地层广布,中东部出露有下三叠统隆务河群、中三叠统古浪堤群和上三叠统鄂拉山群陆相中酸性火山岩。该成矿亚带西部边缘以NNW向具俯冲性质的鄂拉山断裂为界,其东侧出露有规模不大的印支期中酸性岩及燕山期中酸性岩侵入体。除西侧的鄂拉山断裂外,该成矿亚带尚有派生的NW、NE及近EW向次级断裂。该成矿亚带为有色金属矿产地,成矿时代均为印支晚期,与三叠纪陆相火山岩层及印支期中酸性岩密切相关(如索拉沟铜铅锌矿床、鄂拉山口铅锌(银)矿床、在日沟铅锌银矿点等)。赛什塘、铜峪沟、日龙沟等铜多金属矿床赋矿围岩以早二叠世海相碎屑岩、中基性火山岩夹碳酸盐岩建造为主,成矿时期为华力西期,形成以铜、铅、锌、锡矿床为主的海相火山岩型矿床。

(3)青海南山—同仁 Pb-Zn-Cu-Au-W-Sb-Hg 矿亚带(Ⅳ-24),以Ⅳ-23成矿亚带东侧为界,北以宗务隆山南缘断裂为界,南以秀麻断裂为界,向东南延入甘肃境内。出露地层主体为三叠系。区内NW向、NE、NNW、SN向(含隐伏的)多组断裂发

育,是印支期岩浆侵入和晚三叠世火山活动的集中地段。早—中三叠世为海相喷发活动,晚三叠世发育陆相火山岩。矿产主要有金、铜、钨、锑、汞等^[41]。代表性矿床有同仁县恰冬铜矿床(产于海相火山岩建造)、瓦勒根金矿(受三叠纪隆务河组砂、板岩地层岩性,中酸性岩浆岩和断裂构造的复合控制^[42])、克穆达钨锑矿、沙尔诺汞矿。

(4) 苦海—泽库 Hg-Sb-Au 成矿亚带(Ⅳ-25),位于秀麻断裂以南,赛什塘—苦海断裂以东,布喀达坂—阿尼玛卿木孜塔格—布青山蛇绿混杂岩带以北,以及以西倾山—南秦岭陆缘裂谷带北缘大断裂为限。金银矿主要产于下—中三叠统隆务河组、昌马河组、中三叠统古浪堤组粉砂质和钙泥质板岩中,多伴生有砷矿(雄黄和雌黄)、锑矿、汞矿。矿体表现为低温成矿作用特征,受构造带控制,分布在大断裂两侧次级断裂裂隙中。成矿时期均为印支期,汞矿床为渗滤交代型,伴生金、锑矿。代表性矿床有穆黑汞矿。

(5) 西倾山 Hg-Sb(Au)-泥炭成矿亚带(Ⅳ-26),位于河南县东南,北部西起河南县宁木特镇宁木特村,向东经河南县托叶玛乡至赛尔龙,南从河南县种畜场(多松贡玛)至河曲马场以东,南北两侧在东部均延入甘肃境内。出露地层主要为上古生界、中生界浅海相碳酸盐岩建造和细碎屑岩建造,赋矿层位主要为中、下三叠统及二叠系。构造线总体呈 NWW 向。该成矿亚带岩浆活动不发育,代表性矿产为河南县赫格楞汞锑矿床。该成矿亚带东部的甘肃境内产有著名的大水金矿和贡北、忠曲、辛曲、恰若等 4 处破碎蚀变岩型金矿床,形成时代为印支期—燕山期^[43]。此外,该成矿亚带第四系泥炭资源丰富。

(6) 柯生 Cu-Au 成矿亚带(Ⅳ-27),北与Ⅳ-26 成矿亚带和Ⅳ-25 成矿亚带相邻,西与Ⅲ-10 成矿带相接,南以阿尼玛卿东段北缘深断裂为界。该成矿亚带发现的矿点均产于三叠纪海相碎屑岩夹灰岩中,在矿点内见有中酸性岩浆侵入体。该成矿亚带勘查程度较低,目前仅发现产于三叠系中的额米尼日杂铅锌铜矿点等 3 处金属矿点,成矿时代为中生代,其成矿应受地层及岩浆岩双重控制而形成接触交代-热液型矿床。

4.5 可可西里—巴颜喀拉成矿省(Ⅱ-5)

可可西里—巴颜喀拉成矿省位于青海中部,主要涉及可可西里—松潘周缘前陆盆地,呈 NWW 向展布于昆南断裂至昆仑山口—甘德断裂和可可西

里—金沙江断裂之间,东部、西部以省界为界,呈倒三角形,长约 600 km,宽约 15 km。该成矿省是汇聚型巨型浊流主导的沉积盆地。其主体出露地层为由三叠系巴颜喀拉群巨厚的碎屑岩组成的类复理石建造。靠近北部断裂出露地层有石炭系和下二叠统,断裂、褶皱密集,岩浆岩侵入活动强烈,超基性岩大量产出。矿产以铜、钴、金、钨、镓、硫、砂金、泥炭、盐类矿为主。成矿时代主要为海西期、印支期,矿床类型为喷流-沉积改造型多金属矿和构造蚀变岩型金矿。根据成矿地质特征,该成矿省可划分出 3 个Ⅲ级成矿带和 5 个Ⅳ级成矿亚带。

4.5.1 阿尼玛卿 Cu-Co-Zn-Au-Ag-硫-煤-蛇纹岩成矿带(Ⅲ-10)

阿尼玛卿 Cu-Co-Zn-Au-Ag-硫-煤-蛇纹岩成矿带东西横贯青海中部,西从青海与新疆的边界,向东经布喀达坂、秀沟(野牛沟)南,布青山至阿尼玛卿山以东延入甘肃境内。由于断裂破坏,该成矿带可分成东、西两段。西段由青海与新疆的边界至秀沟(野牛沟)源头,至黑海以东、博卡雷克塔格东端;东段西起纳赤台以南的布青山主脊,沿阿尼玛卿山延入甘肃境内。该成矿带地层有下元古界变质岩系、石炭系、二叠系布青山群、三叠系、侏罗系。该成矿带构造线与边界断裂斜交,在交合部位常有花岗岩体产出,岩浆活动强烈,岩体总体呈 NW 向展布。西段以花岗岩活动为主,中段布青山发育超基性小岩体中酸性岩,东段昌马河出现大量超基性小岩体。已知矿产有铜、钴、锌、金、银、蛇纹岩、砂金、煤等。该成矿带可进一步划分出 2 个Ⅳ级成矿亚带。

(1) 布喀达坂 Cu-Co-Au(Sb)-煤-蛇纹岩成矿亚带(Ⅳ-28),零星分布有上石炭统浩特洛哇组火山-沉积岩,二叠系马尔争组为主要地层体。该成矿亚带出露一条 NWW 向低绿片岩相韧性变形带,岩浆活动较弱,矿产勘查程度极低,成矿以沉积作用为主,矿产主要为砂金、煤矿,代表性矿床为红金台砂金矿点。

(2) 布青山—积石山 Cu-Co-Au-Sb-煤-蛇纹岩成矿亚带(Ⅳ-29),西起布青山,向东沿阿尼玛卿山至久治以东延入甘肃境内。南部、北部、西部分别以阿尼玛卿南、北缘深断裂为界。该成矿亚带主体出露地层为下二叠统马尔争组含基性—中基性火山岩的复理石沉积,成矿带内超基性岩发育断续分布,成带集中,与铜、钴、金矿关系密切,晚古生代是主要的成矿期。典型矿床德尔尼铜(钴)矿形成于晚石炭世—早二叠世阿尼玛卿洋盆扩张期,成矿经历海底

喷流-沉积阶段、构造变形阶段、热液阶段和表生氧化阶段^[44-45];此外,还有格尔木市驼路沟钴金矿床、都兰县马尼特金矿床。

4.5.2 北巴颜喀拉—马尔康 Au-Sb-Fe-Ni-砂金-泥炭成矿带(Ⅲ-11)

北巴颜喀拉—马尔康 Au-Sb-Fe-Ni-砂金-泥炭成矿带西起昆仑山口不冻泉北,经过扎陵湖、鄂陵湖、玛多、甘德、班玛向东延伸进入四川省阿坝地区,西窄东宽,呈“楔形”插入Ⅲ-10成矿带和Ⅲ-12成矿带,长约 750 km,宽 10~60 km。

该成矿带出露地层主要为三叠系巴颜喀拉山群,沿着昆南大型断裂带分布少量二叠系马尔争组地层,呈断块状断续分布。二叠纪—三叠纪构造古地理环境表现为拉张裂陷形成洋(海)盆-汇聚、部分碰撞形成残留洋(海)盆、前陆盆地-拉张裂陷形成洋(海)盆-汇聚、部分碰撞形成残留洋(海)盆、前陆盆地-完全碰撞造山,海水退出,进入陆相沉积演化的历史时期^[46]。断裂主要以 NWW 向和 NE 向为主。印支期—燕山期中酸性侵入岩在昌马河—久治一带相对发育。该成矿带有金、锑、砂金、铁、汞、砂金、泥炭等矿产;从矿床(点)的分布来看,以金矿为主,甘德—玛多深大断裂是最重要的导矿构造;次级断裂是唯一的容矿构造,属成矿期构造。

该成矿带可划分出 3 个Ⅳ级成矿亚带:①两湖—甘德 Au-Sb(稀土元素、W、Sn)成矿亚带(Ⅳ-30),含矿地层主要为中生代三叠系巴颜喀拉山群昌马河组、清水河组、甘德组地层,岩性以板岩夹砂岩为主,受后期造山活动影响;在活动断裂带中,热液萃取围岩中有益组分,在有利地段富集成矿;代表性矿床有造山型超大型大场金矿^[47]、加给陇洼金矿床、甘德县东乘公麻金矿床^[48]、东大滩金锑矿床;②雅拉达泽—班玛 Au-Sb-泥炭成矿亚带(Ⅳ-31),西北边分布甘德组,东南边分布清水河组,以活动陆源沉积为特征;构造为 NWW 向逆冲-走滑构造,断裂构造的多期活动为金、锑矿的形成提供了重要的物源和热液;该成矿亚带有第四系砂金(多卡砂金矿)及泥炭成矿作用,代表性矿床有东乘公玛金矿;③巴颜喀拉山口 Au-Pb-Ag 成矿亚带(Ⅳ-32),夹于南、北巴颜喀拉山之间,出露中、下三叠统海相碎屑岩、碳酸盐岩,第四系冲积层普遍含砂金,代表性矿床有上红科金矿。

4.5.3 南巴颜喀拉—雅江 Li-Be-Au-Cu-Pb-Zn-砂金-盐类成矿带(Ⅲ-12)

南巴颜喀拉—雅江 Li-Be-Au-Cu-Pb-Zn-砂金-

盐类成矿带呈条带状贯穿于青海中南部,自西向东依次经过可可西里湖、五道梁、楚玛尔河、曲麻莱县城,向东延伸到称多县城附近出青海省界,延伸至四川省石渠县一带,大致呈条带状近 EW 向展布,东边向南拐。该成矿带包括可可西里—松潘前陆盆地和甘孜—理塘蛇绿混杂岩带两个构造单元,长约 800 km,宽 60~110 km。

该成矿带出露地层主要为三叠系巴颜喀拉山群,发育浊积岩系复理石建造,局部出露新生代查保马组、沱沱河组、五道梁组、雅西错组、曲果组等,除沱沱河组上部和查保马组为断陷盆地(大陆伸展环境)形成的碱性火山岩组合外,其余皆为处于走滑拉分盆地环境的河湖相碎屑沉积。三叠系巴颜喀拉山群地层总体呈 NWW 向展布,与大型构造展布一致。该成矿带岩浆活动较弱,形成扎日尕那—扎朵同碰撞构造岩浆中酸性岩。

砂金矿主要集中分布在曲麻莱县和称多县一带,代表性矿床为白的口砂金矿床和称多县扎朵砂金矿床;盐矿、锂盐主要分布在五道梁一带;铍矿、铌钽矿主要分布在称多县北;铜矿等有色金属主要分布在可可西里湖一带。成矿时代主要为第四系砂金成矿期和盐湖成矿期,金锑矿及与岩浆岩成矿有关的铍矿、铌钽均为三叠纪,属于中生代成矿。

4.6 三江北西延成矿省(Ⅱ-6)

三江北西延成矿省位于青海中南部,包括喀喇昆仑、羌塘及其东南三江地区,长约 640 km,宽约 140 km。区内以出露晚古生代—三叠纪蛇绿混杂岩、三叠纪—侏罗纪陆棚碎屑岩-碳酸盐岩为特征。成矿时代主要为中生代、新生代,成矿类型为印支期海相喷流-沉积型、海相火山块状硫化物型,以及喜山期斑岩型、浅成低温热液型。该成矿省包括 4 个Ⅲ级成矿带和 9 个Ⅳ级成矿亚带。

4.6.1 哈秀—直门达 Au-Ag-Pb-Zn-Cu-Sn-Hg-Sb-W-Be 成矿带(Ⅲ-13)

哈秀—直门达 Au-Ag-Pb-Zn-Cu-Sn-Hg-Sb-W-Be 成矿带西起哈秀北一带,东经直门达出青海省界,延伸至四川省石渠县一带,呈“香肠”状嵌入,处于西金乌兰湖—金沙江蛇绿混杂岩构造单元东段,青海境内长约 130 km,宽约 14 km。该成矿带出露地层主要为区域动力热流变质作用形成的元古代宁多群变质岩基底,总体呈断块状沿大型构造带断续分布;其次为上三叠统巴塘群火山岩、灰岩组,严格受构造控制。该成矿带北部玉树一带分布大量石炭系—中二叠统辉绿岩脉群,形成于洋中脊扩张环境。

该成矿带青海境内地质矿产勘查程度较低,属于高寒、高海拔地区,交通不便,没有进一步划分Ⅳ级成矿亚带。到目前为止,该成矿带仅发现两处矿点,即称多县德打日阿锰矿点和玉树县电协陇巴砂金矿点;而该成矿带在四川境内有特大型多金属矿床产出(如呷村矿床),其为与晚三叠世海相钙碱性酸性火山岩系有关的典型块状硫化物矿床。

4.6.2 西金乌兰—巴塘 Fe-Cu-Pb-Zn 成矿带(Ⅲ-14)

西金乌兰—巴塘 Fe-Cu-Pb-Zn 成矿带呈条带状贯穿于青海中南部,西端延伸进入新疆多格错仁强错一带,自西向东依次经过马鞍湖、西金乌兰湖、特拉什湖、多彩、结隆,在玉树以东出青海省界,青海境内呈近 EW 向延伸,长约 800 km,宽 20~70 km。该成矿带出露地层主要为中生代地层,自西向东主要为上三叠统苟鲁山组、苟鲁山组、海陆交互含煤碎屑岩组合。下白垩统风火山群和上三叠统巴塘群为弧前盆地沉积;其次为二叠系—石炭系西金乌兰群、元古代宁多组,沿着大型构造带断续分布;零星分布新生代沱沱河组、雅西组、曲果组等。西金乌兰湖—金沙江挤压型变形带呈 NWW 向展布。中生代是该成矿带的主要成矿期,成矿类型有喷流-沉积改造型、火山喷气型。

该成矿带可进一步划分为 3 个Ⅳ级成矿亚带:①西金乌兰—玉树 Fe-Cu-Pb-Zn 成矿亚带(Ⅳ-33),主要含矿体为印支期侵入的中酸性岩体,为经后期热液改造形成的矿体,代表性矿床(点)有征毛涌铁矿点、直门达锰矿点等;②乌兰乌拉—风火山 Cu-Ag-Pb-Zn 成矿亚带(Ⅳ-34),出露地层为白垩系风火山群,为一套红色碎屑岩及少量泥岩组成的陆相沉积,矿体主要赋存在长石岩屑砂岩内,代表性矿床有风火山铜矿床、托托教宰铜矿床、藏麻西孔铜银矿床等;③曲柔尕卡—赵卡隆 Cu-Pb-Zn-Ag-Fe(W、Sb、Au、稀有金属)成矿亚带(Ⅳ-35),从风火山到赵卡隆呈 NWW 向条带状展布,以三叠系分布最为广泛;出露地层为下三叠统巴塘群、碎屑岩组、碳酸盐岩组以及上三叠统巴塘群火山岩,西段有白垩系风火山组分布;区域性 NW 向断裂控制带内地层、岩浆活动及后期的变质改造作用;早、中二叠世金沙江洋壳开始向西俯冲,并在中三叠世末期义敦地块碰撞拼合,形成金沙江缝合带,多彩蛇绿岩形成于俯冲带环境^[49],具有铜、铅、锌含矿特征;三叠纪末期,该成矿亚带处于江达弧后热水沉积盆地,与海底喷流的氧化铁-硫化物型铁铜多金属矿床^[50]有关;代表性矿床有玉树赵卡隆多金属矿和尕龙格玛铜铅锌矿。

4.6.3 玛章错钦湖—囊谦 Cu-Pb-Zn-Ag-Au-Fe-Hg-Sb-石膏-煤-盐类成矿带(Ⅲ-15)

玛章错钦湖—囊谦 Cu-Pb-Zn-Ag-Au-Fe-Hg-Sb-石膏-煤-盐类成矿带西起玛章错钦湖,向东包括沱沱河、扎曲、吉曲流域的大部分,在囊谦以南出青海省界,北界为西金乌兰—玉树断裂,南界为沱沱河—巴日曲断裂,总体为朝西北延伸并向东北突出的弧形,青海境内长 500 km,宽 50~130 km。该成矿带出露地层主要为石炭系和二叠系,其上有上三叠统、中和上侏罗统、白垩系到第四系。石炭系杂多群为碎屑岩和碳酸盐岩交互的岩石组合,局部夹安山岩和凝灰岩透镜层,在下石炭统和上石炭统中均有滨海相煤层产出。下二叠统开心岭群岩性、岩相变化大,为碳酸盐岩建造,碎屑岩下中、基性火山岩建造以及铁、铜等成矿;上二叠统乌丽群为含煤碎屑岩、碳酸盐岩建造。上三叠统结扎群为海陆交互相沉积含煤碎屑岩建造。沱沱河—杂多成矿带岩浆活动较强且具多期性,酸性岩浆侵入活动有印支期燕山期和喜山期,以铜为主的铅、银等热液型热液交代矿产信息较多;火山喷发活动发生于早二叠世、白垩纪和第三纪。

该成矿带矿产丰富,已发现的金属矿产有铅、锌、铁、铜、金、锡、银等,非金属矿产有盐类、重晶石、硫铁矿、萤石等。根据矿产地的分布规律以及地质构造特征,该成矿带可进一步划分为 4 个Ⅳ级成矿亚带。

(1)下拉秀 Pb-Ag-稀有金属成矿亚带(Ⅳ-36),介于西金乌兰—玉树断裂与章岗日松—囊谦断裂之间,呈 NWW 向展布于曲柔尕卡—下拉秀一带。该成矿亚带地层主要为下元古界结晶岩系、奥陶纪—志留纪变质岩系以及不整合复于其上的中、上三叠统夹有火山岩的碎屑岩系。以下第三系陆相红色碎屑岩为主的建造层分布于山间盆地中,呈不整合覆于前期地层之上。另在该成矿亚带见有少量呈岩株或岩基状产出的印支期、燕山期及喜山期的正长岩、钾长花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩。褶皱基底由下元古界和奥陶系—志留系组成,其上三叠统层间褶皱发育,褶皱轴向展布与 NW 向区域构造线一致。规模大的断裂与 NW 向地层走向基本相同,规模较小的 NE 向断裂形成较晚,多属平移断层。该成矿亚带已知铜矿化点 2 处,即玉树县岗钦铜矿点、尕玛牙扔矿点。

(2)尕卡都 Pb-Ag 成矿亚带(Ⅳ-37),西起聂贡玛,在江达、娘拉一线以东出青海省界,总体朝西

北延展,呈向东南突出的三角形。由于西金乌兰—歇武断裂活动强烈,该成矿亚带演化成沟弧盆体系,主要地层为三叠系结扎群和巴塘群。受工作程度低的影响,该成矿亚带目前发现矿产较少。

(3) 乌丽—囊谦 Cu-Mo-Pb-Zn-Ag-煤-盐类成矿亚带(Ⅳ-38),西起玛章错钦湖,向东包括沱沱河、扎曲、吉曲流域的大部,在囊谦以南跨入西藏境内。出露地层有石炭系杂多群,二叠系开心岭群和乌丽群,上三叠统结扎群,白垩系风火山群以及第三系。区域褶皱及断裂走向与地层走向一致,呈 NW—NWW 向;岩浆岩以燕山期—喜山期浅成侵入岩为主;火山岩主要发育在下二叠统开心岭群、上三叠统结扎群及白垩系火山岩群中。新生代以来的复活构造 NWW 向逆冲兼走滑断裂发育,控制同期走滑拉分盆地的形成。代表性矿床有格尔木市茶曲怕查铅锌矿床、格尔木市开心岭铁矿床、囊谦县冶金山铁矿床、杂多县阿夷则马赛硫铁矿床、囊谦县达改岩盐矿床。纳日贡玛斑岩型 Cu-Pb-Zn-Mo 成矿带与下二叠统开心岭群火山沉积岩系和喜山期中酸性花岗斑岩体密切相关,杂多县纳日贡玛铜、钼矿床是斑岩型矿床的典型代表,其成矿时代为喜山期。车拉涌冶金山铁矿床以及吉那铜矿点等产于下二叠统开心岭群火山岩系中,是海相火山岩型矿床的典型代表;东莫扎抓—莫海拉亨 Pb-Zn-Ag 成矿带位于东莫扎抓所在的结扎弧后前陆盆地,为沉积-热液叠加改造型铅锌矿带^[51]。莫海拉亨铅锌矿区的地质构造背景与东莫扎抓铅锌矿区构造背景具有相似之处,但火山岩浆活动不如东莫扎抓矿区发育,莫海拉亨铅锌矿床为 MVT 型。

(4) 开心岭—莫云 Fe-Cu-Pb-Ag-稀有金属成矿亚带(Ⅳ-39),出露地层有上石炭统杂多群、二叠系开心岭群和乌丽群、上三叠统结扎群、侏罗系雁石坪群。地层、岩浆岩均受 NW 向断裂控制,呈 NW 向展布。岩浆岩燕山期以岩株状、脉状花岗岩为主。代表性矿床有杂多县产于玄武岩的旦荣铜矿床、杂多县吉龙地区铜矿、与早二叠世诺日巴尕日保组有关的火山喷气沉积型开心岭铁矿床、囊谦县解嘎银多金属矿。

4.6.4 小唐古拉山 Fe-Cu-Pb-Zn-Au-水晶-石膏成矿带(Ⅲ-16)

小唐古拉山 Fe-Cu-Pb-Zn-Au-水晶-石膏成矿带北界大致在乌兰乌拉湖南岸—通天河沿—莫云—阿多—着晓—当巴那一线,东、南、西向自然边界皆在青海省界之外,青海境内长约 450 km,宽 50~

150 km。该成矿带地层主体为中、上侏罗统滨海陆棚相红色泥、砂质碎屑岩,中侏罗统上部 and 上侏罗统下部为灰色砂岩与生物碎屑灰岩相间,夹杂色碎屑岩段。该层段内局部有菱铁矿、赤(镜)铁矿产出。该成矿带平缓的圈闭型背向斜与走向断裂相伴,其中 NE 向及近 SN 向断层相对发育。北缘雁石坪断裂带及其南侧的雀莫错改(湖)交合处共同构成北部边缘的主断裂带。该成矿带侵入岩较发育,燕山期侵入岩较多,各岩类分布零散,岩体展布与 NW 向区域构造线一致,喜山期侵入岩仅有个别呈小岩株产出。该成矿带可进一步划分为 2 个Ⅳ级成矿亚带。

(1) 雁石坪 Pb-Zn-Fe-Cu(Sn,Sb)成矿亚带(Ⅳ-40),西起乌兰乌拉湖,经过雁石坪,在尼日阿错改湖以南出青海省界,东、西两端边界均为青海省界,其范围与雁石坪陆缘带一致。该成矿亚带地层主体为中、上侏罗统,以滨海陆棚相红色泥、砂质碎屑岩为主。侵入岩较发育,以燕山期中酸性岩体为主。火山活动皆为陆相,白垩纪火山活动中心集中在该成矿亚带东部的尼日阿错改南,火山岩呈透镜状赋存于风火山群中;晚第三纪火山活动中心集中于该成矿亚带西部雪莲湖一带,是青海南部喜山期火山活动最强最发育的地区。代表性矿床有与第三系查保玛组钾质火山岩岩浆活动有关的那日尼亚铅锌矿床^[52]、楚多曲热液型铅锌矿床、海相火山岩型小唐古拉铁铅矿及与中酸性侵入岩有关的水晶矿。

(2) 唐古拉山南坡 Fe-钾盐成矿亚带(Ⅳ-41),白垩纪—第四纪河湖盆地零星分布。该成矿亚带地层主体为中、上侏罗统,以滨海陆棚相红色泥、砂质碎屑岩为主,中侏罗统上部 and 上侏罗统下部为灰色砂岩与生物碎屑灰岩相间,夹杂色碎屑岩段。该层段内局部有菱铁矿、赤(镜)铁矿产出。岩浆活动甚微,仅有微弱的中酸性岩浆侵入活动和火山喷发。岩体总的展布方向为 NW 向。代表性矿床(点)有产于中侏罗统地层中八字错铁矿点和赤布张湖钾盐矿点。

5 结 语

(1) 依据以研究区所处的大地构造环境为基础原则,逐级圈定成矿单元原则,突出成矿单元重点矿种原则,地质、矿化、物探和化探资料相互印证原则和综合分析原则,青海成矿单元可划分为秦祁昆和特提斯 2 个Ⅰ级成矿域,北祁连、柴达木盆地、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级成矿带和 41 个Ⅳ级成矿亚带。分析讨论了划分出的Ⅲ级成矿带和Ⅳ级

成矿亚带的成矿条件、优势矿种及矿床类型等,为进一步研究青海成矿规律奠定基础,对青海今后区域找矿方向和成矿预测提供指导。由于青海成矿方面的研究工作总体较低,目前的成矿单元划分方案仍有待提高。

(2)鉴于青海生态环境保护任务的艰巨性,青海下一步矿产勘查工作集中在柴达木盆地周边及盆地成矿带中,主攻矿种为金、铜、石墨、稀有金属、稀土元素、稀散元素、铀、银、昆仑玉、铅锌铁等,主攻矿床类型为斑岩型铜钼金矿、岩浆熔离型镍矿、构造蚀变岩型金矿、喷流-沉积型铅锌铜矿以及沉积型煤矿(页岩气)和盐类矿产等。

青海省地质矿产勘查开发局地矿处赵呈祥高级工程师审阅了本文初稿,并提出了宝贵意见,路超工程师完成了有关图件的制作,在此一并致谢。

参考文献:

References:

- [1] 翟裕生,邓军,李晓波.区域成矿学[M].北京:地质出版社,1999.
ZHAI Yu-sheng, DENG Jun, LI Xiao-bo. Regional Metallogeny[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999.
- [2] 陈毓川,王登红,朱裕生,等.中国成矿体系与区域成矿评价[M].北京:地质出版社,2007.
CHEN Yu-chuan, WANG Deng-hong, ZHU Yu-sheng, et al. The Mineralization System and Regional Metallogenic Evaluation of China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007.
- [3] 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.
- [4] 杨生德,潘彤.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,2013.
YANG Sheng-de, PAN Tong. Report on Metallogenic Settings in Mineral Resources Potentiality Assessment in Qinghai Province [R]. Xining: Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Qinghai Province, 2013.
- [5] 潘彤,罗才让,伊有昌,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, YI You-chang, et al. Metallogenic Laws and Prospecting of Metal Deposit in Qinghai Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006.
- [6] 李金超,杜玮,孔会磊,等.青海东昆仑及邻区成矿单元划分[J].世界地质,2015,34(3):664-674.
LI Jin-chao, DU Wei, KONG Hui-lei, et al. Division of Metallogenic Units in East Kunlun and Its Adjacent Area [J]. Global Geology, 2015, 34(3): 664-674.
- [7] 祁生胜.青海省大地构造单元划分与成矿作用特征[J].青海国土经略,2015(5):53-62.
QI Sheng-sheng. Tectonic Units Division of Qinghai Province and the Mineralization Characteristics [J]. Management and Strategy of Qinghai Land and Resources, 2015(5): 53-62.
- [8] 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等.中国大地构造单元划分[J].中国地质,2009,36(1):1-28.
PAN Gui-tang, XIAO Qing-hui, LU Song-nian, et al. Subdivision of Tectonic Units in China [J]. Geology in China, 2009, 36(1): 1-28.
- [9] YIN H F, ZHANG K X, FENG Q L. The Archipelagic Ocean System of the Eastern Eurasian Tethy [J]. Acta Geologica Sinica: English Edition, 2004, 78(1): 230-236.
- [10] 陈廷愚,耿树方,陈炳蔚.成矿单元划分原则和方法探讨[J].中国地质,2010,37(4):1130-1140.
CHEN Ting-yu, GENG Shu-fang, CHEN Bing-wei. A Tentative Discussion on the Principle and Method for Division of Metallogenic Units [J]. Geology in China, 2010, 37(4): 1130-1140.
- [11] 张新虎,刘建宏,赵彦庆.甘肃省成矿区(带)研究[J].甘肃地质,2008,17(2):1-8,49.
ZHANG Xin-hu, LIU Jian-hong, ZHAO Yan-qing. Study on Metallogenic Provinces (Zones) in Gansu Province [J]. Gansu Geology, 2008, 17(2): 1-8, 49.
- [12] 宋述光,牛耀龄,张立飞,等.大陆造山运动:从大洋俯冲到大陆俯冲、碰撞、折返的时限——以北祁连山、柴北缘为例[J].岩石学报,2009,25(9):2067-2077.
SONG Shu-guang, NIU Yao-ling, ZHANG Li-fei, et al. Time Constraints on Orogenesis from Oceanic Subduction to Continental Subduction, Collision, and Exhumation—An Example from North Qilian and North Qaidam HP-UHP Belts [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(9): 2067-2077.
- [13] 董顺利,李忠,高剑,等.阿尔金—祁连—昆仑造山带早古生代构造格架及结晶岩年代学研究进展[J].地质论评,2013,59(4):731-756.
DONG Shun-li, LI Zhong, GAO Jian, et al. Progress of Studies on Early Paleozoic Tectonic Framework and Crystalline Rock Geochronology in Altun-Qilian-

- Kunlun Orogen[J]. Geological Review, 2013, 59(4): 731-756.
- [14] 董连慧,冯 京,刘德权,等. 新疆成矿单元划分方案研究[J]. 新疆地质, 2010, 28(1): 1-15.
DONG Lian-hui, FENG Jing, LIU De-quan, et al. Research for Classification of Metallogenic Unit of Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 2010, 28(1): 1-15.
- [15] 乔耿彪,杨合群,杜 玮,等. 阿尔金成矿带成矿单元划分及成矿系列探讨[J]. 西北地质, 2014, 47(4): 209-220.
QIAO Geng-biao, YANG He-qun, DU Wei, et al. Discussion on Metallogenic Series and Metallogenic Unit Division in Altun Metallogenic Belt[J]. Northwestern Geology, 2014, 47(4): 209-220.
- [16] 毛德宝,武永平,葛桂平,等. 阿尔金成矿带主要金属矿床地质地球化学特征及成因初探[J]. 地质调查与研究, 2006, 29(1): 1-10.
MAO De-bao, WU Yong-ping, GE Gui-ping, et al. Geological and Geochemical Characteristics of the Metallic Deposits in Altyn Metallogenic Belt and Their Genesis[J]. Geological Survey and Research, 2006, 29(1): 1-10.
- [17] 钱 兵,张照伟,张志炳,等. 柴达木盆地西北缘牛鼻子梁镁铁—超镁铁质岩体年代学及其地质意义[J]. 中国地质, 2015, 42(3): 481-493.
QIAN Bing, ZHANG Zhao-wei, ZHANG Zhi-bing, et al. Zircon U-Pb Geochronology of Niubiziliang Mafic-ultramafic Intrusion on the Northwest Margin of Qaidam Basin, Qinghai[J]. Geology in China, 2015, 42(3): 481-493.
- [18] 凌锦兰,宋艳芳,姜常义,等. 柴达木地块北缘牛鼻子梁镍铜矿床铂族元素和 Re-Os 同位素特征[J]. 地质与勘探, 2014, 50(1): 138-144.
LING Jin-lan, SONG Yan-fang, JIANG Chang-yi, et al. Platinum-group Elements and Re-Os Isotopic Characters of the Niubiziliang Ni-Cu Deposit in the Northern Margin of the Qaidam Block, Northwest China[J]. Geology and Exploration, 2014, 50(1): 138-144.
- [19] 路耀祖,石国成. 青海大通沟南山石墨矿床地质特征及其成因分析[J]. 青海大学学报:自然科学版, 2016, 34(2): 54-59.
LU Yao-zu, SHI Guo-cheng. Geological Characteristics and Genesis Analysis of Graphite Deposit in South Mountain of Datonggou Region, Qinghai Province[J]. Journal of Qinghai University: Natural Science Edition, 2016, 34(2): 54-59.
- [20] 宋忠宝,张雨莲,张照伟,等. 青海锡铁山铅锌矿的成因讨论[J]. 西北地质, 2012, 45(1): 134-139.
SONG Zhong-bao, ZHANG Yu-lian, ZHANG Zhao-wei, et al. Genetic Discussion of Xitieshan Lead-zinc Deposit in Qinghai Province[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(1): 134-139.
- [21] 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.
- [22] 陈 鑫,郑有业,许荣科,等. 柴北缘超高压变质带折返过程对金红石成矿的制约:来自鱼卡和铁石观西地区石榴石成分环带的证据[J]. 地球科学与环境学报, 2016, 38(2): 143-159.
CHEN Xin, ZHENG You-ye, XU Rong-ke, et al. Exhumation Processes of UHP Metamorphic Belt in the Northern Qaidam and Their Constraints to Rutile Mineralization: Evidences from Compositional Zoning of Garnets in Yuqia and West Tieshiguan Areas[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2016, 38(2): 143-159.
- [23] 翟光明,宋建国,靳久强,等. 板块构造演化与含油气盆地形成和评价[M]. 北京:石油工业出版社, 2002.
ZHAI Guang-ming, SONG Jian-guo, JIN Jiu-qiang, et al. Plate Tectonic Evolution and the Formation and Evaluation of Petroliferous Basins[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002.
- [24] 潘 彤,王秉璋,李东生,等. 青海东昆仑成矿环境、成矿规律与找矿方向[M]. 北京:地质出版社, 2016.
PAN Tong, WANG Bing-zhang, LI Dong-sheng, et al. Study on the Metallogenic Environment, Metallogenic Regularities and Prospecting Direction of Metal Deposits in the East Kunlun Region[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016.
- [25] 刘建楠,丰成友,肖克炎,等. 东昆仑成矿带成矿特征与资源潜力分析[J]. 地质学报, 2016, 90(7): 1364-1376.
LIU Jian-nan, FENG Cheng-you, XIAO Ke-yan, et al. Mineralization Characteristics and Resource Potential Analysis of the East Kunlun Metallogenic Belt[J]. Acta Geologica Sinica, 2016, 90(7): 1364-1376.
- [26] 潘 彤,孙丰月. 青海东昆仑肯德可克钴钼金矿床成矿特征及找矿方向[J]. 地质与勘探, 2003, 39(1): 18-22.
PAN Tong, SUN Feng-yue. The Mineralization Characteristic and Prospecting of Kendekeke Co-Bi-Au Deposit in Dongkunlun, Qinghai Province[J]. Geology and Prospecting, 2003, 39(1): 18-22.
- [27] 于 淼,丰成友,刘洪川,等. 青海尕斯林格砂卡岩型铁

- 矿金云母⁴⁰Ar/³⁹Ar年代学及成矿地质意义[J]. 地质学报, 2015, 89(3): 510-521.
- YU Miao, FENG Cheng-you, LIU Hong-chuan, et al. ⁴⁰Ar/³⁹Ar Geochronology of the Galinge Large Skarn Iron Deposit in Qinghai Province and Geological Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(3): 510-521.
- [28] 姜常义, 凌锦兰, 周伟, 等. 东昆仑夏日哈木镁铁质—超镁铁质岩体岩石成因与拉张型岛弧背景[J]. 岩石学报, 2015, 31(4): 1117-1136.
- JIANG Chang-yi, LING Jin-lan, ZHOU Wei, et al. Petrogenesis of the Xiarihamu Ni-bearing layered Mafic-ultramafic Intrusion, East Kunlun: Implications for Its Extensional Island Arc Environment[J]. Acta Petrologica Sinica, 2015, 31(4): 1117-1136.
- [29] 宋忠宝, 姜常义, 凌锦兰, 等. 青海省基性超基性岩与岩浆型铜镍硫化物矿床[M]. 北京: 地质出版社, 2015.
- SONG Zhong-bao, JIANG Chang-yi, LING Jin-lan, et al. Petrogenesis of Mafic-ultramafic Intrusions and Minerogenesis of Cu-Ni Sulfide Deposit in the Qinghai [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2015.
- [30] 潘彤. 青海省柴达木南北缘岩浆熔离型镍矿的找矿: 以夏日哈木镍矿为例[J]. 中国地质, 2015, 42(3): 713-723.
- PAN Tong. The Prospecting for Magmatic Liqution Type Nickel Deposits on the Southern and Northern Margin of Qaidam Basin, Qinghai Province: A Case Study of the Xiarihamu Ni-Cu Sulfide Deposit[J]. Geology in China, 2015, 42(3): 713-723.
- [31] 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): 93-100.
- 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): 93-100.
- [32] 周伟, 汪帮耀, 夏明哲, 等. 东昆仑石头坑德镁铁—超镁铁质岩体矿物学特征及成矿潜力分析[J]. 岩石矿物学杂志, 2016, 35(1): 81-96.
- ZHOU Wei, WANG Bang-yao, XIA Ming-zhe, et al. Mineralogical Characteristics of Shitoukengde Mafic-ultramafic Intrusion and Analysis of Its Metallogenic Potential, East Kunlun[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2016, 35(1): 81-96.
- [33] 赖健清, 鞠培姣, 周凤. 青海省果洛龙洼金矿多因复成成矿作用[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.
- [34] 许远平, 谢万洪, 杨永峰, 等. 青海东昆仑那更康切尔银矿地质特征及找矿远景浅析[J]. 新疆地质, 2014, 32(1): 113-117.
- XU Yuan-ping, XIE Wan-hong, YANG Yong-feng, et al. Geological Characteristics and Prospecting Perspective of Nagenkangqie'er Silver Deposit in Eastern Kunlun Mountain of Qinghai [J]. Xinjiang Geology, 2014, 32(1): 113-117.
- [35] 冯益民, 曹宣铎, 张二朋, 等. 西秦岭造山带的演化、构造格局和性质[J]. 西北地质, 2003, 36(1): 1-10.
- FENG Yi-min, CAO Xuan-duo, ZHANG Er-peng, et al. Tectonic Evolution Framework and Nature of the West Qinling Orogenic Belt [J]. Northwestern Geology, 2003, 36(1): 1-10.
- [36] 孙延贵, 田琪, 王青海. 西秦岭与东昆仑的侧向碰撞造山[J]. 青海地质, 2001(2): 18-25.
- SUN Yan-gui, TIAN Qi, WANG Qing-hai. Lateral Collision and Orogeny of West Qinling and East Kunlun [J]. Qinghai Geology, 2001(2): 18-25.
- [37] 黄雄飞, 莫宣学, 喻学惠, 等. 西秦岭岩昌地区晚三叠世酸性火山岩的锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其地质意义[J]. 岩石学报, 2013, 29(11): 3968-3980.
- HUANG Xiong-fei, MO Xuan-xue, YU Xue-hui, et al. Zircon U-Pb Chronology, Geochemistry of the Late Triassic Acid Volcanic Rocks in Tanchang Area, West Qinling and Their Geological Significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(11): 3968-3980.
- [38] 解小龙, 牛漫兰, 吴齐, 等. 秦祁昆结合部三叠纪岩浆岩岩石学特征及其构造环境[J]. 地球科学与环境学报, 2015, 37(6): 72-81.
- XIE Xiao-long, NIU Man-lan, WU Qi, et al. Petrological Characteristics of Triassic Magmatic Rocks from the Conjunction of Qinling, Qilian and Kunlun Orogens and Their Tectonic Environment [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2015, 37(6): 72-81.
- [39] 闫臻, 王宗起, 李继亮, 等. 西秦岭楔的构造属性及其增生造山过程[J]. 岩石学报, 2012, 28(6): 1808-1828.
- YAN Zhen, WANG Zong-qi, LI Ji-liang, et al. Tectonic Settings and Accretionary Orogenesis of the West Qinling Terrane, Northeastern Margin of the Tibet Plateau [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(6): 1808-1828.

- [40] 路英川,刘家军,曹守林,等. 青海西秦岭双朋西矽卡岩型金-铜矿床流体包裹体研究[J]. 矿床地质, 2016, 35(1):130-152.
LU Ying-chuan, LIU Jia-jun, CAO Shou-lin, et al. Fluid Inclusions Study of Shuangpengxi Skarn Type Gold-copper Deposit in West Qinling, Qinghai Province[J]. Mineral Deposits, 2016, 35(1):130-152.
- [41] 张 涛,张德会,杨 兵,等. 青海同仁县江里沟斑岩-矽卡岩型铜钨钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及其成矿意义[J]. 地质学报, 2015, 89(2):355-364.
ZHANG Tao, ZHANG De-hui, YANG Bing, et al. Re-Os Dating of Molybdenite from the Jiangligou Porphyry-skarn Cu-W-Mo Deposit in Tongren, Qinghai Province and Its Metallogenic Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(2):355-364.
- [42] 曾福基,李德彪,陶延林. 青海省泽库县瓦勒根金矿床地质特征及找矿前景分析[J]. 青海大学学报:自然科学版, 2009, 27(5):7-13.
ZENG Fu-ji, LI De-biao, TAO Yan-lin. The Geological Character and Ore-seeking Prospect Analysis on Walegen Goldmine in Qinghai Zeku County[J]. Journal of Qinghai University: Natural Science Edition, 2009, 27(5):7-13.
- [43] 姜寒冰,李宗会,杨合群,等. 秦岭地区成矿单元划分[J]. 西北地质, 2014, 47(2):146-155.
JIANG Han-bing, LI Zong-hui, YANG He-qun, et al. Division of Metallogenic Unit in the Qinling Area[J]. Northwestern Geology, 2014, 47(2):146-155.
- [44] 宋忠宝,栗亚芝,陈向阳,等. 东昆仑德尔尼铜矿喷流岩——铁硅质岩的发现及其成矿意义[J]. 地质通报, 2012, 31(7):1170-1177.
SONG Zhong-bao, LI Ya-zhi, CHEN Xiang-yang, et al. Discovery of Exhalative Rock—Ferro-siliceous Rock in the De'erni Copper Deposit of East Kunlun Mountains and Its Metallogenic Significance[J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(7):1170-1177.
- [45] 段 俊,钱壮志,黄喜峰,等. 青海德尔尼铜(钴)矿床矿石矿物特征及其地质意义[J]. 地球科学与环境学报, 2014, 36(1):201-209.
DUAN Jun, QIAN Zhuang-zhi, HUANG Xi-feng, et al. Characteristics of Ore Minerals of De'erni Cu(Co) Deposit in Qinghai and Their Geological Significance[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2014, 36(1):201-209.
- [46] 陈守建,李荣社,计文化,等. 巴颜喀拉构造带二叠—三叠纪岩相特征及构造演化[J]. 地球科学, 2011, 36(3):393-408.
CHEN Shou-jian, LI Rong-she, JI Wen-hua, et al. Lithostratigraphy Character and Tectonic-evolvment of Permian-Trias in the Bayankala Tectonic Belt[J]. Earth Science, 2011, 36(3):393-408.
- [47] 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.
- [48] 张东林,庄光军,高仁品. 青海东乘公麻金矿区成矿条件分析[J]. 黄金科学技术, 2014, 22(5):10-17.
ZHANG Dong-lin, ZHUANG Guang-jun, GAO Ren-pin. Analysis on the Metallogenic Conditions of Dongcheng-gongma Gold Mine in Qinghai Province[J]. Gold Science and Technology, 2014, 22(5):10-17.
- [49] 李善平,潘 彤,李永祥,等. 青藏高原北羌塘盆地多彩地区蛇绿岩地球化学特征及构造环境[J]. 中国地质, 2010, 37(6):1592-1606.
LI Shan-ping, PAN Tong, LI Yong-xiang, et al. Geochemistry of the Duocai Ophiolite in North Qiangtang Basin, Qinghai-Tibet Plateau: Environments for Tectonics[J]. Geology in China, 2010, 37(6):1592-1606.
- [50] 李 欢,奚小双,吴城明,等. 青海玉树赵卡隆铁铜多金属矿床地质特征及成因探讨[J]. 地质与勘探, 2011, 47(3):380-387.
LI Huan, XI Xiao-shuang, WU Cheng-ming, et al. Geology and Metallogenesis of the Zhaokalong Iron-copper-polymetallic Ore Deposit in Yushu, Qinghai Province[J]. Geology and Exploration, 2011, 47(3):380-387.
- [51] 张洪瑞,杨天南,侯增谦,等. 青海南部东莫扎抓矿区挤压断层带结构及其对铅锌成矿的控制[J]. 矿床地质, 2015, 34(2):261-272.
ZHANG Hong-rui, YANG Tian-nan, HOU Zeng-qian, et al. Internal Structure of Fault Zone and Its Control on Mineralization: A Case Study of Dong-mozhazhua Pb-Zn Deposit, Southern Qinghai Province[J]. Mineral Deposits, 2015, 34(2):261-272.
- [52] 张 翀,宋玉财,侯增谦,等. 青海沱沱河地区那日尼亚铅锌矿床地质与地球化学研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2013, 32(3):291-304.
ZHANG Chong, SONG Yu-cai, HOU Zeng-qian, et al. Geological and Geochemical Studies of the Nariniya Lead-zinc Deposit in Tuotuohe Area, Qinghai Province[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2013, 32(3):291-304.