

东天山-北山中带成矿系列与地质建造的关系探讨

姜寒冰, 杨合群, 谭文娟, 董福辰, 赵国斌, 任华宁, 贾 健

中国地质调查局 西安地质调查中心, 西安 710054

摘 要:根据地质建造和成矿特征, 借鉴中国地质学家创立的矿床成矿系列理论, 对东天山-北山中带的成矿系列与地质建造的关系进行了深化研究。按照成矿作用与地质建造的时间关系, 将成矿系列细化为“同生”、“准同生”、“后生”、“表生风化”等类别。同一套地质建造有关的几个世代的成矿系列自然地构成一个成矿系列家族。本文在东天山-北山中部地区初步总结 9 个成矿系列家族, 为阐明区域成矿规律奠定了基础。

关 键 词:地质建造; 成矿系列家族; 成矿系列; 东天山; 北山

中图分类号: P612 文献标志码: A 文章编号: 1007-2802(2014)02-0262-09 doi:10.3969/j.issn.1007-2802.2014.02.015

Discussion of the relation between metallogenic series and geological formation in the middle zone of Eastern Tianshan to Beishan

JIANG Han-bing, YANG He-qun, TAN Wen-juan, DONG Fu-chen,
ZHAO Guo-bin, REN Hua-ning, JIA Jian

Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Xi'an 710054, China

Abstract: According to the geological formation, mineralization characteristics, and metallogenic series theory by geologists, the relation of metallogenic series and geological formation are researched deeply in middle region of Eastern Tianshan to Beishan. Metallogenic series refine as syngenetic metallogenic, penecontemporaneous metallogenic, epigenetic metallogenic and superficial weathering metallogenic series according to the time-space relationship of the mineralization and the geological formation. Several metallogenic series of the same geological formation naturally constitute a metallogenic series family. The preliminary summary of this article in the middle region of Eastern Tianshan to Beishan to 9 metallogenic series family and 14 metallogenic series, laid the foundation for the regional metallogenic regularity.

Key words: geological formation; metallogenic series family; metallogenic series; Eastern Tianshan; Beishan

中国地质学家程裕淇等^[1,2]和陈毓川等^[3~5]创立了成矿系列理论, 并且逐步发展成为国内地质学界进行区域成矿规律研究的重要指导思想之一。成矿系列一般表达为“…地段…时段……成矿作用有关……矿产成矿系列”或者“…地段…时段……地质建造有关……矿产成矿系列”。前人对天山、北山地区成矿系列的研究也是如此^[6~12]。“有关”二字的具体含义没有直接挑明, 只能靠读者去领悟, 很不利于生产第一线地质勘查队伍的掌握和应用。杨合群

等^[13]将成矿系列区分为 4 大类别, 并提出同一套地质建造有关的几个世代的成矿系列构成一个成矿系列家族。作者根据新的理念, 重新消化以往积累的大量勘查与科研资料, 探讨本区成矿系列与地质建造的关系。

1 成矿带地质背景

全国矿产资源潜力评价项目徐志刚等^[14]发布了中国成矿单元 I 级(成矿域)、II 级(成矿省)、III

收稿日期: 2013-03-22 收到, 04-26 改回

基金项目: 国家地质矿产调查专项(1212011121034, 1212011120483, 1212011085083)项目资助

第一作者简介: 姜寒冰(1979—), 女, 助理研究员, 从事成矿规律与矿产预测研究工作. E-mail: jianghanbing1980@126.com.

级(成矿区带)最新划分方案,并在 1:500 万地质图上进行成矿单元划分图解。西北大区项目成矿规律组根据徐学义等^[15]编制出版的“东天山-北山成矿地质背景图(1:100 万)”对成矿区带界线进行了修

正。东天山-北山中带包括西北大区项目成矿规律组命名的“伊犁南缘-中天山-早山成矿带(III-11)”东段和“金窝子-公婆泉-东七一山成矿带(III-14)”(图 1)。

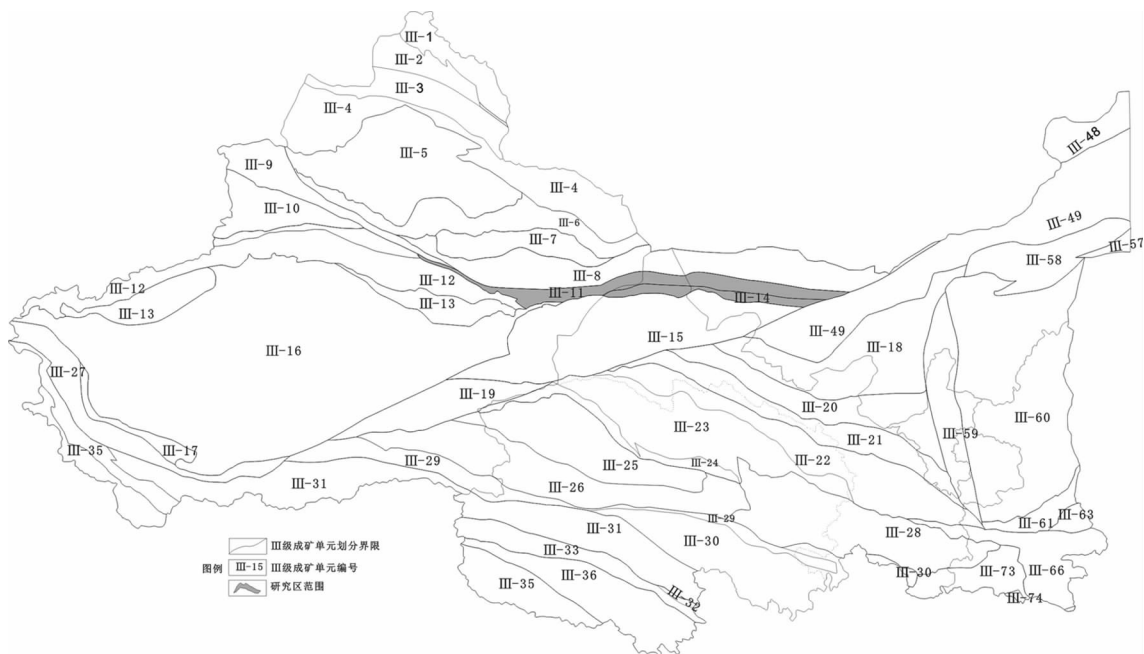


图 1 东天山-北山中带位置图

Fig. 1 Sketch of geological minerals and the position in the middle zone of Eastern Tianshan to Beishan

1.1 伊犁南缘-中天山-早山成矿带(III-11)东段

将全国编号 III-11 的成矿带东界向东延扩大为“伊犁南缘-中天山-早山成矿带”,东段包括 2 个成矿亚带:IV-11②巴伦台成矿亚带;IV-11③中天山-早山成矿亚带。

1.1.1 IV-11②巴伦台 Fe-Sn-Au-Ag-白云母-菱镁矿-水晶成矿亚带 区内地层以广泛发育的晚古生代巨厚的浅海相(火山)细碎屑岩—陆源碎屑岩系为主。区域岩浆活动强烈,以华力西中晚期的花岗岩、闪长岩、花岗闪长岩分布最广。区域构造线总体走向为近东西向。褶皱构造发育,轴部多呈高角度紧闭形态。断裂构造极发育,系不同时期形成,具一定规模和压扭特点,对酸性侵入岩体及矿脉的空间分布有着明显的控制作用。区内已发现一些小型金矿床、铅锌矿点、锡矿点。

1.1.2 IV-11③中天山-早山 Fe-Au-W-Sn-Pb-Zn 成矿亚带 该地块主要由太古宇-古元古界结晶岩系及中元古界变质岩系构成。太古宇-古元古界为北山杂岩(Ar_2Pt_1Bc);中元古界在中天山东段为长城系星星峡群(ChX)和蓟县系卡瓦不拉克群(JxK),在甘蒙北山中带为长城系古铜井群(ChG)和蓟县系平头山组(Jxp)。其中,在中天山以中元古界为主,

北山杂岩仅零星出露;而甘蒙北山中带则以北山杂岩为主,中元古界仅零星可见。这可能是因为阿尔金断裂活动的影响,使北山地区相对天山地区抬升,从而受到更强烈的剥蚀所致。该地块构成星星峡-早山微板块的中心部分。

该地块早古生代受到剥蚀,晚古生代局部接受浅海相-陆相碎屑岩-火山岩沉积。由此确定了它在古生代基本为一陆块,在卷入华力西期造山带后,局部发生裂谷作用,形成了二叠纪裂谷沉积,晚期形成拗陷盆地,堆积了中生代陆内盆地沉积岩系。地块北侧边缘,产有裂谷作用形成的尾亚-天宇-白石泉岩浆型钒钛磁铁矿与铜镍矿带。

该带以产出受前寒武纪基底控制的沉积变质型铁矿及层控-热液型金、银、铅锌等矿产为主要特征。金矿化主要与叠加于该带的石炭纪火山岩有关,矿化分布于尖山子断裂两侧,主要赋矿地层为下石炭统红柳园组、白山组火山岩段。

1.2 金窝子-公婆泉-东七一山成矿带(III-14)

全国成矿规律组划分的编号为 III-14 的成矿带原名称为“磁海-公婆泉成矿带”,西北大区项目组将其范围向北缩小到红柳河-牛圈子-洗肠井缝合带以北,因其跨越了该缝合带不合理,名称修订为“金窝

子-公婆泉-东七一山成矿带”,并划分为如下 2 个成矿亚带:Ⅳ-14①金窝子-鲤鱼梁成矿亚带(新-甘);Ⅳ-14②公婆泉-东七一山成矿亚带(甘-蒙)。

1.2.1 Ⅳ-14①金窝子-鲤鱼梁 Au 成矿亚带 主要为二叠纪地层及新生代地层。有照壁山花岗岩中石英脉型金矿床、金窝子岩浆热液型金银矿床。

1.2.2 Ⅳ-14②公婆泉-东七一山 Cu-W-Sn-Rb 成矿亚带 该带形成于星星峡-明水-旱山地块南缘,多数学者论证认为公婆泉-东七一山一带的公婆泉群(S₁₋₃G)火山岩形成于岛弧环境^[16~17]。

2 成矿系列家族划分

笔者深化研究了成矿系列与地质建造关系,将

“…地段…时段……地质建造有关……矿产成矿系列”命名中的“有关”二字,区分为“同生”、“准同生”、“后生”、“表生风化”,从而将各类地质建造有关成矿系列细化为同生成矿系列、准同生成矿系列、后生成矿系列、表生风化成矿系列等类别(表 1),并提出同一套地质建造有关的几个世代的成矿系列,自然地构成一个成矿系列家族。

各类地质建造成矿系列家族命名方法:成矿区带名称+某时代的地质建造+矿种(金属元素符号,非金属中文名称)。成矿系列家族编号方法:采用“成矿区带编号+地质建造时代代号+序号”。

本区初步总结 9 个成矿系列家族(表 2,表 3)。

表 1 地质建造的成矿系列家族
Table 1 Metallogenic series family of geological formation

地质建造形成和演化时间		成矿系列家族中各世代成矿系列
建造剥蚀出露	表生风化成矿系列	指各类地质建造剥蚀出露地表经长期风化生成的矿床成矿系列,实际上属于后生成矿系列的一种特殊情况
建造形成期后	后生成矿系列	指比地质建造明显晚得多生成的成矿系列,例如各类岩石建造中矿源活化再造成因的热液脉型和破碎带蚀变岩型矿床成矿系列、沉积变质岩系有关的变成型矿床成矿系列等
建造形成近期	准同生成矿系列	指与地质建造接近同时或略晚生成的成矿系列,一般是火成岩系有关的岩浆期后热液活动生成的矿床成矿系列
建造形成同期	同生成矿系列	指与地质建造同时生成的成矿系列,例如火成岩系有关的岩浆型矿床成矿系列、沉积岩系有关的沉积型和沉积喷流型矿床成矿系列、火山-沉积岩系有关火山喷流型矿床成矿系列、沉积变质岩系或火山-沉积变质岩系有关沉积受变质型矿床成矿系列等

3 伊犁南缘-中天山-旱山成矿带东段地质建造的成矿系列家族

该成矿带总结 4 个成矿系列家族,详见表 2。

3.1 中元古代沉积-变质岩系有关 Fe-Pb-Zn-Ag 成矿系列家族

该成矿系列家族包含中元古代火山-沉积变质岩系同生 Fe 成矿系列(天湖式铁矿床)和中元古代沉积变质岩系同生及后生 Pb-Zn-Ag 成矿系列(彩霞山式铅锌矿床和玉西式银矿床)。

中元古代火山-沉积变质岩系同生 Fe 成矿系列主要分布于中天山地块,含矿建造为天湖群变质岩系,原岩为一套互层或呈夹层的火山岩、凝灰岩、泥质岩、碳酸盐岩组成的岩石,以天湖沉积变质型铁矿床为代表的是区内最具特色的矿床类型,还包括沙垅、阿拉塔格、玉山等中小型铁矿床。矿体多呈似层状或大透镜体状产出。矿体顶板为绿泥片岩、黑云斜长片岩、蛇纹岩及大理岩;底板为斜长黑云母片

岩、角闪斜长片岩、角闪黑云母片岩及黑云母石英片岩。矿石矿物主要为磁铁矿。铁矿层以碳酸盐型磁铁矿和硅酸盐磁铁矿两种矿石自然类型产出,其中碳酸盐型矿石类型主要以含铁白云石为主,磁铁矿呈中细粒条带条纹状,具有明显的原始沉积组构特征。关于成矿时代,胡霁琴对天湖群副变质岩全岩的 Rb-Sr 等时代年龄测定值为 1012 Ma^[24],区内斜长角闪岩测定的钨模式年龄值为 1007 Ma^[25],根据上述成果推断,结合矿床具体成矿地质特征可知,天湖铁矿的原始成岩时间大体应在青白口纪之前,岩石变质和热液叠加磁铁矿最终形成期在青白口纪。

中元古代沉积变质岩系同生及后生 Pb-Zn-Ag 成矿系列与元古代浅海相碎屑岩—碳酸盐岩建造沉积变质有关,晚期受中酸性侵入岩浆活动有关的构造破碎中低温热液改造型铅锌矿床。产出受前寒武基底控制的层控-热液型金、银、铅锌等矿产为主要特征,已发现有玉西银矿床、彩霞山铅锌矿床以及黄龙山金多金属矿点、吉源铜银多金属矿点、沙泉子铅

表 2 中天山-旱山成矿带(Ⅲ-11)东段地质建造的成矿系列家族划分方案

Table 2 The metallogenic series family of geological formation in the middle Tianshan - Hanshan Metallogenic Belt(Ⅲ-11)

成矿系列家族	成矿系列	矿床式	矿床实例	参考资料
Ⅲ-11Pt ₂ -1 中元古代沉积-变质岩系有关 Fe-Pb-Zn-Ag 成矿系列家族	Ⅲ-11Pt ₂ -1a 中元古代火山-沉积变质岩系同生 Fe 成矿系列	天湖式铁矿床	(新)天湖、沙垄、阿拉塔格、玉山铁矿床	文献[18]
		彩霞山式铅锌矿床	(新)彩霞山、铅炉子铅锌矿床	文献[19]
	Ⅲ-11Pt ₂ -1b 中元古代沉积变质岩系同生及后生 Pb-Zn-Ag 成矿系列	玉西式银矿床	(新)玉西银(铅锌)矿床	
Ⅲ-11Pz ₂ -2 石炭纪火山-沉积岩系有关 Au-Ag 成矿系列家族	Ⅲ-11Pz ₂ -2a 石炭纪火山-次火山岩准同生 Au-Ag 成矿系列	马庄山式金矿床	(新)马庄山金银矿、双井子金矿床	文献[18,19]
		南金山式金银矿床	(甘)南金山金银矿床	
Ⅲ-11Pz ₂ -3 海西期铁质基性-超基性岩有关 Cu-Ni-V-Ti-Fe 成矿系列家族	Ⅲ-11Pz ₂ -3a 海西期铁质基性-超基性岩同生 Cu-Ni-Fe-Ti-V 成矿系列	天宇式铜镍矿床	(新)天宇、白石泉、天香、峡东等铜镍矿(床)点	文献[20,21]
		尾亚式钒钛磁铁矿床	(新)尾亚钒钛磁铁矿床	文献[22]
Ⅲ-11Pz ₂ -4 海西期中酸性岩有关 Fe-Sn-As-Pb-Zn-Au-Ag 成矿系列家族	Ⅲ-11Pz ₂ -4a 海西期中酸性岩准同生 Fe-W-Sn-As-Cu-Ag 成矿系列	明锡山式神锡矿床	(甘)明锡山神锡矿床(热液型)	文献[18]
		小白石头式钨矿床	(新)小白石头钨矿床(接触交代型)	文献[19]
		坡子泉式铁矿床	(新)坡子泉铁矿床(热液型)	
		白水井式铁矿床	(新)白水井、双井子铁矿床(接触交代型)	
	Ⅲ-11Pz ₂ -4b 海西期中酸性岩后生 Pb-Zn-Au 成矿系列	维权式铜银矿床	(新)维权铜银矿床,双庆、阿拉塔格铜矿床(接触交代型)	
		明水西式铅锌矿床	(新)明水西铅锌矿床(片理化带充填交代型)	文献[23]

锌矿点、刘家泉铅矿化点等,产于细碎屑岩-碳酸盐岩建造中,石英闪长岩体外接触带 200~1200 m 范围,展布受北东向断裂控制。反映了矿化受基底矿源层和后期热液叠加成矿双重作用的影响。彩霞山矿区改造的影响,条带状铅锌黄铁矿矿石的黄铁矿 Rb-Sr 等时线年龄为 324±24 Ma,闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄为 250~270 Ma,矿床北侧闪长岩的锆石 SHRIMP-U-Pb 年龄为 339.0 Ma,分别为石炭纪、二叠纪、石炭纪^[26]。控矿因素:元古宙的热卤水喷流沉积是矿床形成的充分必要条件,矿体形成时间基本与地层相同;海西晚期岩浆热液的上侵是矿体改造加富的主要因素;矿体受彩霞山断裂和近东西向韧性剪切带的复合控制。

3.2 石炭纪火山-沉积岩系有关 Au-Ag 成矿系列家族

该成矿系列家族仅有石炭纪火山-次火山岩准同生 Au-Ag 成矿系列(马庄山式金矿床、南金山式

金银矿床)。该成矿系列家族位于塔里木板块北部活动大陆边缘-古生代库都克岛弧东段北侧,双井子-马庄山-南金山凹陷的破火山隆起中段^[27],金矿化主要与叠加于该带的石炭纪火山岩有关,矿化分布于尖山子断裂两侧,主要赋矿地层为下石炭统红柳园组、白山组火山岩段,岩性以中酸性火山集块岩、角砾岩、凝灰岩、砾岩为主,形成了众多的金矿床(点),已发现的金矿有马庄山大型金矿、双井子金、南金山金银矿床,以及数十处金矿点。马庄山金矿床的主要赋矿围岩为次火山岩,金矿体主要由含金石英脉和含金次生石英岩组成,矿石的稀土和微量元素特征与围岩火山-次火山岩相似^[28]。该金矿中大多数金矿体产在石英斑岩体中,含金石英细(网)脉石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄 298 Ma±28 Ma^[28],次火山岩年龄为 303~290.24 Ma,成矿年龄为晚石炭世^[28]。与矿区内次火山岩的侵位年龄非常接近^[29]。南金山金矿石中绢云母的

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 $242.8 \pm 0.8 \text{ Ma}$, 略晚于从南金山金矿床附近闪长岩中获得的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄 ($244.0 \pm 0.3 \text{ Ma}$)^[29]。曾长华认为马庄山和南金山是与古生代火山-次火山岩有关的金矿^[30]。

3.3 海西期铁质基性-超基性岩有关 Cu-Ni-V-Ti-Fe 成矿系列家族

该成矿系列家族仅有海西期铁质基性-超基性岩同生 Cu-Ni-Fe-Ti-V 成矿系列(天宇式铜镍矿床、尾亚式钒钛磁铁矿床)。位于中天山地块北缘,以阿奇库都克-沙泉子深断裂为界与觉罗塔格构造带相邻。与该成矿系列有关的铁质基性-超基性岩带侵入到中元古界星星峡群和卡瓦布拉克群的片岩、片麻岩、大理岩和花岗糜棱岩中,与围岩接触界限明显,形成了尾亚-天宇-白石泉岩浆型钒钛磁铁矿与铜镍矿带。

尾亚矿区内构造简单,未见明显的断层和褶皱,但受环形岩株的影响,外围发育环形断裂和近南北相断裂,矿区内脉岩主要受其影响呈南北向和北北西向。矿区除第四系覆盖外全为侵入岩浆岩。矿区广泛发育 4 大类岩石:含钒钛磁铁矿的基性-超基性杂岩、矿区外围的肉红色钾长花岗岩和石英正长岩,以及矿区中央的石英二长(斑)岩。其中石英正长岩与含矿辉长岩类为同源分异产物。含矿岩石为偏碱性辉长岩类,并可分为角闪辉长岩、橄榄辉石岩、黑云母辉长斜长岩等岩相,此外尚有细晶花岗岩脉、辉绿岩脉等侵入。矿床分 5 个矿化区段,矿体皆产于偏碱性辉长岩类岩体中。矿体分浸染状和贯入式脉状矿体 2 种。矿石有致密块状、浸染状和似层状。主要有用矿石矿物为含钒钛的磁铁矿和富钛的钛铁矿,含少量黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿等硫化物^[31]。矿床属于与偏碱性铁质基性-超基性岩杂岩有关的岩浆型矿床。矿床形成以岩浆分凝和贯入式为主,晚期出现少量岩浆热液作用^[32]。李嵩龄等对矿区偏碱性辉长岩做全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $(270.67 \pm 30.7) \text{ Ma}$, 认为属早二叠世侵入产物^[22]。王京彬等^[31]认为尾亚钒钛磁铁矿的成矿年龄应略早于 259.9 Ma 。

天宇矿区出露的主要与成矿有关的铁质基性-超基性岩为辉长岩、辉石岩、橄榄岩、辉橄岩和橄橄岩。含铜镍矿的岩相主要为橄榄岩、辉橄岩和橄橄岩。天宇基性-超基性杂岩体全岩矿化,地表强烈褐铁矿化和孔雀石化,原生金属矿物主要为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿和黄铁矿。天宇含铜镍矿辉长岩中锆石 U-Pb 定年结果 $290.2 \pm 3.4 \text{ Ma}$ ^[21]。白石泉铜镍矿与成矿有关的铁质基性-超基性岩为

辉长岩、辉石岩、橄橄岩、辉橄岩和橄橄岩。原生金属矿物主要为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿和黄铁矿。白石泉含铜镍矿辉长岩中锆石 U-Pb 定年结果 $284 \pm 8 \text{ Ma}$ ^[20],白石泉岩体矿化辉长岩中锆石 U-Pb 年龄为 $281.2 \pm 0.9 \text{ Ma}$ ^[33]。

3.4 海西期中酸性岩有关 Fe-Sn-As-Pb-Zn-W-Cu-Au-Ag 成矿系列家族

该成矿系列家族有海西期中酸性岩准同生 Fe-W-Sn-As-Cu-Ag 成矿系列(明锡山式砷锡、小白石头式钨、坡子泉式铁、白水井式铁、维权式铜银矿床)和海西期中酸性岩后生 Pb-Zn-Au 成矿系列(明水西式金-铅锌矿)。

3.4.1 海西期中酸性岩准同生 Fe-W-Sn-As-Cu-Ag 成矿系列 该成矿系列位于卡瓦布拉克中间地块的边缘带。以中上元古界变质岩系和碳酸盐岩建造为主体,局部出现新太古界的深变质表壳岩系灰色片麻岩、震旦系冰碛岩、寒武-奥陶系含磷硅质岩-碳酸盐岩及石炭系碎屑岩。加里东期,特别是华力西期岩浆强烈侵入活动,使长城系和蓟县系变质岩大量被破坏和吞没,地层分布零乱,岩浆岩以酸性岩浆为主,具有多期次活动特点。由于受北部的沙泉子断裂和南部的尖山子断裂所控制,区域构造线基本沿北东东向展布。赋矿地层为中元古界蓟县系卡瓦不拉克群,尖山子组下亚组一套变质岩系,为大理岩建造。

矿床主要产于尖山子组下亚组中结晶灰岩与华力西中-晚期中粒黑云母花岗岩的接触部位,在该花岗岩体与结晶灰岩的侵入接触带上,常形成宽大的夕卡岩带,带内有钨、锡、钼、铋和铜矿化,矿化带内形成了具有一定规模的工业钨矿体。控矿构造主要为阿奇格库都克-沙泉子深断裂的次级断裂,容矿构造为构造裂隙以及层间裂隙等。

小白石头钨矿,形成于中粒黑云母花岗岩体与结晶灰岩和石墨大理岩层的侵入接触交代夕卡岩带内。小白石头钨矿严格受中粒黑云母花岗岩体与结晶灰岩的侵入接触形成的夕卡岩带所控制,花岗岩体的侵入接触带形态复杂多变,夕卡岩带形态产状多呈斜坡状、树枝状、凹斗状和弧形状等。由于结晶灰岩常构成岩体的顶盖,局部也形成宽缓的夕卡岩带。

3.4.2 海西期中酸性岩后生 Pb-Zn-Au 成矿系列

北以阿奇格库都克-沙泉子深断裂为界,与觉罗塔格裂陷槽毗邻。区内出露的陆壳残片主要为中元古界深变质岩系,断裂发育,岩浆活动频繁而剧烈。

区内出露地层为中元古界蓟县系卡瓦布拉克

群,尖山子组下亚组一套变质岩系,断裂发育,断层以层间断层为主,断层产状与地层产状基本一致,区内以海西中-晚期酸性岩浆侵入活动最为频繁剧烈,岩性以中粒黑云母花岗岩分布最广,其次为细粒黑云母花岗岩和细粒闪长岩。

明水西金-铅锌矿为中低温热液充填型矿床。金-铅锌矿脉和含金石英脉沿北东向裂隙带贯入,形成矿脉带。矿脉呈单脉、网脉、枝状脉等形式,具有膨缩、分枝、尖灭、交叉等特征。围岩为海西中期的

闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、黑云斜长花岗岩,围岩蚀变有碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化、硅化、高岭土化等。金-铅锌矿脉的主要矿石矿物为方铅矿,次为闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿,脉石矿物有方解石、萤石,次为石英。

4 金窝子-东七一山-公婆泉成矿带中地质建造的成矿系列家族

该成矿带总结 5 个成矿系列家族,见表 3。

表 3 金窝子-东七一山-公婆泉成矿带(Ⅲ-14)地质建造的成矿系列家族划分方案

Table 3 Metallogenic series family of geological formation in Jinwozi-Dongqiyishan-Gongpoquan Metallogenic Belt(Ⅲ-14)

成矿系列家族	成矿系列	矿床式	矿床实例	参考资料
Ⅲ-14 Pz ₁ -1 奥陶纪火山-沉积岩系有关 Cu-Au 成矿系列家族	Ⅲ-14Pz ₁ -1 a 奥陶纪火山-沉积岩系同生 Cu 矿化系列		(蒙)麻黄沟西、麻黄沟铜矿点	
	Ⅲ-14 Pz ₁ -1 b 奥陶纪火山-沉积岩系后生 Au-Cu-Zn 矿化系列		(蒙)月牙山西金矿点	
Ⅲ-14 Pz ₁ -2 加里东期镁质超基性岩有关 Cr 成矿系列家族	Ⅲ-14 Pz ₁ -2 a 加里东期镁质超基性岩同生 Cr 矿化系列		(蒙)白云山、洗肠井铬铁矿点	文献[23]
Ⅲ-14 Pz ₁ -3 加里东中酸性岩有关 Cu-Au 成矿系列家族	Ⅲ-14 Pz ₁ -3 a 加里东期中酸性岩准同生 Cu 成矿系列	公婆泉式铜矿床	(甘)公婆泉铜矿床	
	Ⅲ-14 Pz ₁ -3 b 加里东期中酸性岩后生 Au 矿化系列		(甘)小草湖金矿点	
Ⅲ-14 Pz ₂ -4 海西期中酸性岩有关 Rb-W-Sn-Cu-Au 萤石成矿系列家族	Ⅲ-14 Pz ₂ -4 a 海西期中酸性岩准同生 Rb-W-Sn-Cu 萤石成矿系列	东七一山式钨钨锡萤石矿床	(蒙)东七一山钨钨锡萤石矿床	
	Ⅲ-14 Pz ₂ -4 b 海西期中酸性岩后生 Au 成矿系列	金窝子式金矿床	(新)金窝子金矿床,(甘)照壁山金矿床	文献[18,30]
Ⅲ-14 Pz ₂ -5 海西期铁质基性-超基性岩有关 V-Ti-Fe 成矿系列家族	Ⅲ-14 Pz ₂ -5 a 海西期铁质基性-超基性岩同生 V-Ti-Fe 成矿系列	小红山式钒钛磁铁矿床	(蒙)小红山钒钛磁铁矿床	文献[34]

4.1 奥陶纪火山-沉积岩系有关 Cu-Au 成矿系列家族

该成矿系列家族包含奥陶纪火山-沉积岩系同生 Cu 矿化系列(麻黄沟西铜矿点)和后生 Au-Cu-Zn 矿化系列(月牙山西金矿点)。

4.1.1 奥陶纪火山-沉积岩系同生 Cu 矿化系列

该成矿系列家族位于塔里木板块与哈萨克斯坦板块红柳河-牛圈子-洗肠井缝合带东段的月牙山—洗肠井蛇绿岩套中。蛇绿岩形成于强烈拉张环境,有利于形成基性火山岩有关铜矿床,已发现麻黄沟铜(锌)矿点和麻黄沟西铜(锌)矿点。铜矿带呈北西西向展布,赋存在奥陶系中统基性火山—沉积岩系中。含矿岩系自下而上依次为基性火山岩—含碧玉条带灰岩—含灰岩条带碧玉岩—基性火山岩。铜锌矿化主要赋存在基性火山岩与碧玉岩界面附近。大量碧

玉岩、含碧玉条带灰岩等喷气岩相伴产出;成矿元素为铜-锌组合,以铜为主。

4.1.2 奥陶纪火山-沉积岩系后生 Au-Cu-Zn 矿化系列

月牙山西金铜锌矿点,以黄钾铁矾化为标志的土状蚀变岩型金矿石为以基性火山岩容矿的铜铅锌块状硫化物矿石地表氧化带。矿体赋存于奥陶系基性火山熔岩—火山碎屑岩内的断裂破碎带中,附近分布有酸性岩脉。矿体赋存部位火山岩中发育有铁碧玉岩和网脉状硅化和铁碧玉岩化,在民采矿渣中可见到块状铜锌金矿石、浸染状—网脉状火山岩型含铜黄铁矿矿石。

4.2 加里东期镁质超基性岩有关 Cr 成矿系列家族

该成矿系列家族仅包含加里东期镁质超基性岩同生 Cr 矿化系列(白云山、洗肠井铬铁矿点)。该成矿系列家族主要分布在红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿

岩带,该带从西向东断续分布红柳河蛇绿岩段、玉石山蛇绿岩段、牛圈子蛇绿岩段、白云山蛇绿岩段、月牙山蛇绿岩段、洗肠井蛇绿岩段。前人在白云山蛇绿岩段和洗肠井蛇绿岩段发现的铬铁矿体形态多为成群分布的扁豆状、囊状体,矿石为致密块状-条带状-浸染状。围岩蚀变类型主要为蛇纹石化-滑石化-菱镁矿化,与世界各地的同类矿化特征相同。

4.3 加里东期中酸性岩有关 Cu-Au 成矿系列家族

该成矿系列家族包含加里东期中酸性岩准同生 Cu 成矿系列(公婆泉式铜矿床)和后生 Au 矿化系列(小草湖金矿点)。

准同生 Cu 成矿系列位于明水-旱山地块(为哈萨克斯坦板块东端的星星峡-旱山微板块中的古老地块)北部活动大陆边缘中的窑洞加如-公婆泉岛弧带。区域上属于公婆泉复向斜与平头山大豁落山复背斜的交切部。

矿区内出露的地层主要为志留系中上统公婆泉群玄武岩、安山岩、粗安岩、石英粗面岩和流纹岩,以英安岩和安山岩最为发育。

侵入岩有花岗闪长斑岩、英安斑岩、石英闪长玢岩和二长花岗岩以及辉长岩。其中花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩和英安斑岩均是重要的容矿围岩。英安斑岩的锆石 U-Pb 年龄为 435.4 Ma^[35],未蚀变斑岩全岩 Rb-Sr 法年龄为 420.1 Ma^[36]和英安斑岩全岩 Rb-Sr 法年龄为 421 Ma^[37]。围岩蚀变普遍且较强烈,蚀变分带性较明显,以赋矿斑岩体为中心,向外依次可分为 5 个带:绢云次生石英岩带、黑云母石英钾长石化带、青盘岩化带、角岩化带和石英钠长石化-夕卡岩化带。斑岩型铜矿体主要产于钾化蚀变带(绢云次生石英岩带)内。铜矿石的 S、Pb 和 Nd 同位素示踪研究表明,公婆泉铜矿床成矿物质主要来自于含矿斑岩体,铜矿的形成主要与含矿斑岩体的侵位、演化有关。成矿环境为志留纪岛弧构造环境。铜矿化的形成于英安斑岩的冷却晚期。

有关后生 Au 矿化系列分布于玉石山北侧的志留系中上统公婆泉群火山岩系中,受构造破碎带控制,有石英脉型和破碎带蚀变岩型,矿体产状陡立。

4.4 海西期中酸性岩有关 Rb-W-Sn-Cu-Au 萤石成矿系列家族

该成矿系列家族包括海西期中酸性岩准同生 Rb-W-Sn-Cu 萤石成矿系列(东七一山式铷钨锡萤石矿床)和后生 Au 成矿系列(金窝子式金矿床)。

4.4.1 华力西期中酸性岩准同生 Rb-W-Sn-Cu 萤石成矿系列 位于北山杂岩区的北部边缘,北与旱山地块相邻,属中天山隆起带的东延部分。区域上

处于旱山-凤尾山复向斜轴部,具体为斜山-东七一山向斜。矿化主要分布于上志留统的火山岩、火山碎屑沉积岩和变质岩组成的地层中,其容矿围岩在矿区东部主要为安山岩、安山质凝灰岩和大理岩等,在矿区西部主要为大理岩,矿体与围岩呈渐变过渡关系。空间上,萤石矿体与似斑状花岗岩侵入体关系密切,多分布于似斑状花岗岩体附近,赋存于花岗岩体中大理岩顶垂体内,或花岗岩体附近的大理岩、安山质凝灰岩以及似斑状蚀变花岗岩内。东七一山萤石矿床是中低温岩浆热液与围岩相互作用的产物^[38]。成矿主要物质之一的 Ca 元素可能主要是由岩浆热液对地层(主要是大理岩)的淋滤萃取而来的。而 F 元素,则可能主要是中、酸性岩浆活动产生的岩浆热液从地下深处携带来的。本区萤石矿的形成过程,是含矿热液在相对酸性条件下^[39],对围岩大理岩的交代过程。含 F 岩浆热液沿构造裂隙运移过程中,持续作用于大理岩、砂质板岩和安山质凝灰岩等成矿地层,并将其中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 Si^{4+} 等离子不断地活化、萃取出来,形成含 F 络合物的含矿热液。当这种含矿热液运移到物理化学条件适合的容矿环境时,便与围岩作用而使其发生钠长石化、高岭土化、硅化和碳酸盐化等一系列热液蚀变,由此导致含 F 络合物的分解和 F^{-} 、 Ca^{2+} 等离子的产生,继而 F^{-} 、 Ca^{2+} 离子结合形成 CaF_2 而沉淀于裂隙中。但从矿化特征和成矿时间看,岩浆热液成矿的基本性质较为明显。因而,确定矿床的岩浆热液成因比较合理。

4.4.2 海西期中酸性岩后生 Au 成矿系列 位于中天山北缘深大断裂(又称沙泉子断裂)南侧,红柳河和玉石山断裂所夹的楔状地块内^[40]。

金窝子金矿位于新疆哈密市与甘肃安西县交界地带,大地构造位置处于星星峡古生代岛弧南缘,红柳河断裂以南。早海西期黑云母二长花岗岩是含矿围岩。矿体的特征表现为岩体中一系列的张裂脉。张增杰通过对矿体围岩花岗岩的石英包裹体与成矿期石英包裹体基本上不一致^[41],认为花岗岩与成矿流体关系不大。认为富碱的流体与围岩发生碱交代作用后,流体硅质增加酸度增加即发生 SiO_2 的沉淀,矿质也会随之沉淀,从而金也沉淀。碱交代作用是金窝子金矿的主要成矿特征。成矿温度(均一)在 110~450℃之间,矿液中除岩浆水外,还有地下水和地表水渗入。金窝子金矿根据产出形式分含金石英脉型和蚀变破碎带型两种,产于金窝子花岗闪长岩体中,岩体侵位于早石炭世,金窝子和金窝子 210 金矿含矿石英脉 Rb-Sr 等时线年龄分别为 (228 ± 22)

Ma 和 $(230 \pm 6) \text{Ma}^{[43]}$ 。金窝子金矿的 $^{40} \text{Ar}/^{39} \text{Ar}$ 年龄为 $243 \text{Ma}^{[42]}$, 与东天山地区的区域韧性剪切带的走滑活动时代具有良好的耦合关系, 且明显受区域构造的控制。金窝子金矿是一个形成于印支早期由区域剪切带控制的金矿床。

照壁山金矿床是北山地区中部金矿集中区最具代表性的金矿床之一, 金矿化主要在黑云母花岗岩株内或沿其与志留系公婆泉群火山-沉积岩的接触带产出, 花岗岩黑云母 $^{40} \text{Ar}-^{39} \text{Ar}$ 同位素年龄为 $296 \pm 5 \text{Ma}^{[43]}$ 。金矿体主要由含金石英脉, 网脉和细脉浸染状块体组成, 金属矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、自然金和银金矿, 脉石矿物为石英和绢云母。围岩蚀变自含金矿脉(体)向外, 分别为硅化、绢云母化和绿泥石化; 另外, 沿岩体与火山-沉积岩接触带常可观察到黄铁绢英岩化。金矿体受花岗岩中构造破碎带控制, 形成明显晚于海西期花岗岩。

4.5 海西期铁质基性-超基性岩有关 V-Ti-Fe 成矿系列家族

该成矿系列家族仅包括海西期铁质基性-超基性岩同生 V-Ti-Fe 成矿系列(小红山式钒钛磁铁矿床)。构造位置为哈萨克斯坦板块与塔里木-华北古陆板块的俯冲、碰撞带的红柳河-洗肠井缝合线附近, 华力西早期辉长岩是主要的赋矿侵入体, 一般出露长 $2 \sim 3 \text{km}$, 宽数百米, 以不规则状小岩株产出^[44]。矿区有 3 期 8 次以上的岩浆侵入活动, 与成矿有关的主要为海西早期辉长岩和期后两次贯入型辉长岩脉的叠加成矿。有脉状和似层状两种主要矿体形态。地表矿体多呈钒钛磁铁矿脉分布。深部以隐伏的似层状钒钛磁铁矿矿体产出, 矿床成因属于一种岩浆-分异和分凝-贯入型的钒钛磁铁矿类型^[34]。

参考文献 (References):

- [1] 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 初论矿床的成矿系列问题[J]. 中国地质科学院院报, 1979, 1(1): 32-58.
- [2] 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣, 宋天锐. 再论矿床的成矿系列问题[J]. 中国地质科学院院报, 1983, (6): 1-52.
- [3] 陈毓川. 矿床的成矿系列[J]. 地学前缘, 1994, 1(3): 90-99.
- [4] 陈毓川, 裴荣富, 王登红. 三论矿床的成矿系列问题[J]. 地质学报, 2006, 80(10): 1501-1508.
- [5] 陈毓川, 王登红, 朱裕生, 徐志刚, 任纪舜. 中国成矿体系与区域成矿评价[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- [6] 杨兴科, 程宏宾, 姬金生, 罗桂昌, 陶洪祥. 东天山金铜成矿背景与成矿系统分析[J]. 西安工程学院学报, 2000, 22(2): 7-14.
- [7] 薛春纪, 陈毓川, 姬金生. 东天山矿床成矿系列和分布规律[C]. 东天山铜多金属矿床成矿过程和成矿动力学及找矿预测新技术新方法会议, 2001: 60-62.
- [8] 韩春明. 东天山铜矿区域成矿系列研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2002.
- [9] 惠卫东. 东天山觉罗塔格成矿带成矿特征及金属矿床成矿系列与成矿谱系[J]. 新疆有色金属, 2009, (增刊 1): 55-60.
- [10] 毛景文, 杨建民, 韩春明, 王志良. 东天山铜多金属矿床成矿系统和成矿地球动力学模型[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2002, 27(4): 413-424.
- [11] 王登红, 李纯杰, 陈郑辉, 陈世平, 肖克炎, 李华芹, 梁婷. 东天山成矿规律与找矿方向的初步研究[J]. 地质通报, 2006, 25(8): 910-915.
- [12] 韩春明, 毛景文, 杨建民, 王志良. 东天山晚古生代内生金属矿床成矿系列和成矿规律[J]. 地质与勘探, 2002, 38(5): 5-10.
- [13] 杨合群, 赵国斌, 谭文娟, 姜寒冰, 李文渊, 王永和, 董福辰, 任华宁, 李宗会, 高永宝, 肖朝阳. 论成矿系列与地质建造的关系[J]. 地质与勘探, 2012, 48(6): 1093-1100.
- [14] 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 李厚民. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社, 2008.
- [15] 徐学义, 陈隽璐, 王洪亮, 何世平, 李向民, 杨军录, 李平, 马中平. 东天山-北山地区成矿地质背景图(1:100 万)[M]. 北京: 地质出版社, 2009.
- [16] 左国朝, 李茂松. 甘蒙北山地区早古生代岩石圈形成和演化[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1996.
- [17] 何世平, 周会武, 任秉琛, 姚文光, 付力浦. 甘肃内蒙古北山地区古生代地壳演化[J]. 西北地质, 2005, 38(3): 6-15.
- [18] 徐学义, 李文渊, 陈隽璐, 王洪亮, 何世平, 李向民, 李平, 马中平. 东天山-北山成矿地质背景图(1:100 万)说明书[R]. 北京: 地质出版社, 2009.
- [19] 西安地质矿产研究所. 西北地区矿产资源找矿潜力[M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- [20] 吴华, 李华芹, 莫新华, 陈富文, 路远发, 梅玉萍, 邓岗. 新疆哈密白石泉铜镍矿区基性-超基性岩的形成时代及其地质意义[J]. 地质学报, 2005, 79(4): 498-502.
- [21] 唐冬梅, 秦克章, 孙赫, 苏本勋, 肖庆华, 程松林, 李军. 天宇铜镍矿床的岩相学、锆石 U-Pb 年代学、地球化学特征: 对东疆镁铁-超镁铁质岩体源区和成因的制约[J]. 岩石学报, 2009, 25(4): 817-831.
- [22] 李嵩龄, 李文铅, 冯新昌, 董富荣. 东天山尾亚复式岩株形成时代讨论[J]. 新疆地质, 2004, 20(2): 357-359.
- [23] 中国地质调查局西安地质调查中心. 内蒙古月牙山-盘陀山-带铜钨多金属矿评价成果报告[R]. 2008.
- [24] 胡霭琴, 章振根, 刘菊英, 彭建华, 张积斌, 赵殿甲, 杨昇祖, 周位. 天山东段中天山隆起带前寒武纪变质岩系时代及演化-据 U-Pb 年代学研究[J]. 地球化学, 1986(1): 23-35.
- [25] 李华芹, 谢才富, 常海亮. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [26] 王登红, 陈郑辉, 陈毓川, 唐菊兴, 李建康, 应立娟, 王成辉, 刘善宝, 李立兴, 秦燕, 李华芹, 屈文俊, 王彦斌, 陈文张彦. 我国重要矿产成矿年代学研究新数据[J]. 地质

- 学报, 2010, 84(7):1030—1040.
- [27] 周济元, 崔炳芳, 陈世忠, 肖惠良. 新疆哈密马庄山金(银)矿床地质特征及成因[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊):791—795.
- [28] 李华芹, 陈富文, 蔡红, 刘后群. 新疆东部马庄山金矿成矿作用同位素年代学研究[J]. 地质科学, 1999, 34(2):251—256.
- [29] 江思宏, 聂凤军, 陈伟十, 靳光成. 北山地区南金山金矿床的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素年代学及其流体包裹体特征[J]. 地质论评, 2006, 52(2):266—275.
- [30] 曾长华, 章文忠, 孙启江, 刘洪华. 新甘北山东段中南带金矿成矿规律探讨[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊):286—289.
- [31] 王京彬, 王玉往. 新疆尾亚钒钛磁铁矿矿床成矿年龄探讨[J]. 矿床地质, 2006, 25(增刊):309—312.
- [32] 王玉往, 王京彬, 王莉娟, 秦全新, 彭晓明, 惠卫东. 新疆尾亚钒钛磁铁矿:个岩浆分异-贯入-热液型复成因矿床[J]. 矿床地质, 2005, 24(4): 349—359.
- [33] 毛启贵, 肖文交, 韩春明, 孙敏, 袁超, 闫臻, 李继亮, 雍拥, 张继恩. 新疆东天山白石泉铜镍矿床基性-超基性岩体锆石 U-Pb 同位素年龄、地球化学特征及其对古亚洲洋闭合时限的制约[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 153—162.
- [34] 杨福新, 李为民, 陈岱, 乔金良, 梁丽静, 何永振, 李文辉, 贾恒. 内蒙古小红山钒钛磁铁矿床成矿特征及成因探讨[J]. 西北地质, 2010, 43(3):66—74.
- [35] 何养珍, 陈进平, 周继强. 甘肃公婆泉斑岩型铜矿床地球化学特征及找矿模式[J]. 桂林工学院学报, 2000, 20(3):232—237.
- [36] 戴霜, 任育智, 程登, 高兆奎, 张翔, 王方成. 公婆泉铜矿岛弧型含矿斑岩地质地球化学特征[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2002, 38(5):100—107.
- [37] 李奋其, 王成善. 甘肃公婆泉铜矿田地质特征和控矿因素分析[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2003, 30(2):120—125.
- [38] 赵省民, 聂凤军, 江思宏, 白大明. 内蒙古东七一山萤石矿床的稀土元素地球化学特征及成因[J]. 矿床地质, 2002, 21(3):311—317.
- [39] Ruiz J, Kesler S E, Jones L M, *et al.* Geology and geochemistry of the Las Cuevas fluorite deposits, San Luis Potosi, Mexico [J]. Econ. Geol., 1980, 75: 1200—1209.
- [40] 周济元, 张斌, 张朝文. 东天山古大陆及其边缘银、铼、金和铜矿地质[M]. 北京:地质出版社, 1996.
- [41] 张增杰, 陈衍景, 陈华勇, 鲍景新. 新疆金窝子金矿流体包裹体研究[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊):1099—1100.
- [42] 王清利, 陈文, 韩丹, 王成玉, 刘新宇, 张思红. 新疆金窝子金矿床形成时代研究及成因机制讨论[J]. 中国地质, 2008, 35(2):286—292.
- [43] 聂凤军, 江思宏, 赵省民, 白大明, 李强之, 郭晓东. 北山地区照壁山金矿床地质特征及成因[J]. 地质科学, 2002, 37(2):207—218.
- [44] 孙新春, 张红军, 魏志军, 黄增保, 高柏年. 甘蒙北山地区小红山一带变质岩侵入岩体的时代厘定及地质意义[J]. 西北地质, 2005, 38(3): 61—67.

(上接第 251 页)

- [28] Rozhdestvina V I, Sorokin A P, KuzMinykh V M, Kiseleva A A. A gold content in brown coal and combustion products [J]. Journal of Mining Science, 2011, 47(6): 842—849.
- [29] 王文峰, 秦勇, 宋党育, 王钧瀚. 燃煤过程中元素的分异特征与淋滤实验研究[J]. 中国矿业大学学报, 2009, 38(4): 481—487.
- [30] Gayer R, Rickard D. Colloform gold in coal from Southern Wales[J]. Geology, 1994, 22(1): 35—38.
- [31] Varshal G M, *et al.* On noble metal accumulation in carbonaceous matter of rocks[J]. Geokhimiya, 1994, 6(2): 814—823.
- [32] 刘英俊. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [33] 孙俊民, 韩德馨. 煤粉颗粒中矿物分布特征及其对飞灰特性的影响[J]. 煤炭学报, 2000, 25(5): 546—550.
- [34] 任德贻. 煤的微量元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [35] 王冉, 桑树勋, 王文峰, 易同生, 赵霞. 贵州省普安矿区 17 号煤层中 Au 的富集成因研究[J]. 燃料化学学报, 2011, 39(5): 333—339.
- [36] 姚多喜, 支霞臣, 郑宝山. 煤中矿物质在燃烧过程中的演化特征[J]. 中国煤田地质, 2003, 15(2): 10—11.
- [37] 王运泉, 任德贻. 燃煤过程中微量元素的分布及逸散规律[J]. 煤矿环境保护, 1995, 9(6): 25—28.
- [38] 康艳红, 李光哲, 李国德, 辛士刚, 贾莹光. 煤燃烧过程中金属元素迁移特性[J]. 电力环境保护, 2009, 25(1): 44—46.
- [39] 刘桂建, 彭子成, 王桂梁, 杨萍羽, Chou C L. 煤中微量元素研究进展[J]. 地球科学进展, 2002, 17(1): 53—62.
- [40] 杨淑娟, 李雅倩. 燃煤飞灰中痕量元素的研究[J]. 电力环境保护, 2008, 24(6): 40—43.
- [41] 王剑锋, 周振冬, 邓斌. 金的迁移形式和沉淀富集机理及赋存状态[J]. 矿物岩石, 1985, (1): 68—75.