

河北省沽源地区矿产成矿规律与找矿方向

许洪才, 申宗义, 李新华, 赵华平, 张立国, 吕允奇, 徐焱焱, 季虹

(河北省区域地质矿产调查研究所, 河北 廊坊 065000)

摘 要:沽源地区是华北板块北缘多金属成矿带的组成部分。该区岩浆构造活动强烈,成矿作用显著,金属矿产主要有铁、钼、铀、金、铅、锌等,非金属矿产有萤石、沸石、珍珠岩等,能源矿产有铀和煤。依据近期该区开展的1/5万矿调工作成果,就该区成矿规律和找矿方向,做了进一步研究和总结,以期对今后该区的地质找矿工作提供参考。

关键词:金属矿产;成矿规律;找矿方向;沽源地区

中图分类号: P618.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2016)04-0260-13

河北省沽源地区属华北板块北缘的组成部分,这里岩浆构造活动强烈,是各种矿产形成的有利地区。矿产成矿主要与新太古代变质表壳岩、变质深成岩和古元古代变质侵入岩以及晚古生代早二叠世侵入岩和中生代早白垩世侵入岩、火山岩、潜火山岩等关系密切,主要矿种有铁、钼、铀、金、铅、锌等,如张麻井、大官厂等大中型铀钼矿床和蔡家营铅锌银矿床等^[1]。非金属矿产有萤石、沸石、珍珠岩等,能源矿产有铀和煤。鉴于该区成矿物质来源属壳幔混合型^[2-4],易于成矿,近期该区开展了1/50 000矿调工作,找矿取得了一定的进展。针对该区成矿特点,作者对其成矿规律进行了研究和总结,以期对今后地质找矿突破提供帮助。

1 区域成矿背景

该区位于华北陆块北缘中段构造岩浆岩带冀北构造火山岩亚带多伦-沽源火山岩段^[5],区域上处于康保-围场断裂带与尚义-平泉大断裂带的挟持地带,区内深部地质构造处于大兴安岭北北东向陡变梯级带的中南段,即幔隆与幔拗变异、硅铝壳由薄增厚的部位。该区位于坝上高原,深部上地幔明显下拗,硅铝壳明显增厚,地壳厚度变化在41~43 km之间,顶深为43 km。由41 km等深线为边界所围成的区域范围,属于区域重力场的负值区,幔拗区晚中生代断裂火山岩浆活动强烈,其边部控制了主要的铀、金、多金属矿床的成矿作用及矿床空间分布^[6]。

新太古代末(2 500 Ma),基底红旗营子群变质岩系经历了区域变质,局部出现了幔源型花岗岩浆活动和混合岩化作用等,形成了一套低角闪岩相-绿片岩相的层状变质岩系和局部呈穹状的幔源型花岗岩和钾质混合岩,随后区内进入克拉通化时代。金银及铜铅锌多金属等成矿元素含量一般高于克拉克值的1~2倍,为该区金银多金属成矿奠定了基础。

自中生代以来,由于库拉板块(太平洋板块)向欧亚大陆板块的强烈俯冲、消减,使得区内构造-岩浆活动及多金属成矿作用十分强烈。早期区内处于强烈挤压隆起状态,致使早中生代地层沉积缺失;自中晚中生代以来,区域上处于强烈的拉张-挤压相互交替的构造环境,构造演化表现为构造线方向由长期的东西向逐渐转向为北北东向,形成了以东北-北北东向为主的火山喷发带。早白垩世是火山活动鼎盛时期,该区火山活动强烈,形成了众多的中心式火山机构(V级)。该时期前寒武纪基底构造活化,断裂活动呈现既有新生性又有继承性的特点,进而形成了区域上以北东向、北北东向断裂相互交切为主要特征的构造格局。该区Ⅳ级火山构造主要为早白垩世时期形成的沽源-赤城火山构造洼地。前人工作和本次工作对该区地球化学特征研究表明:由早期的壳幔混合(熔)型钙碱性系列的中酸性火山岩,中期的壳幔重熔型酸性火山岩和晚期的壳幔混合(熔)型中基性火山岩组成,并伴有强烈的钙性、钙碱性中酸性火山-侵入岩浆活动。加之该时期的上地幔是

收稿日期: 2016-02-29

资助项目: 河北省国土资源厅2012年度地质勘查专项预算项目“河北省小河子、长梁、东新营、小厂幅1/5万战略性矿产调查”(冀国土资勘便字[2012]001号)

作者简介: 许洪才(1959-),男,教授级高级工程师,主要从事区域地质矿产调查工作,E-mail: xuhongcai8200@eyou.com。

富集型地幔^[6],因而壳幔岩浆作用的演化控制了该区铀钼、金银多金属矿产和非金属矿产的成矿作用和矿床的形成与分布。

1.1 地层

该区地层出露简单,主要为中生代早白垩世地层;覆盖区为新生代第四纪晚更新世和全新世地层;在该区南部一带古元古代岩体中有少量新太古代红旗营子群变质表壳岩残留体,主要岩性由角闪斜长浅粒岩和黑云斜长变粒岩组成,规模小。

(1) 中生代地层

该区中生代地层主要是早白垩世张家口组、大北沟组、义县组以及青石砬组。

张家口组在区内广泛分布,厚度大,出露面积约850 km²,约占总面积的55%以上。该组依据岩性、岩石组合等可划分为三个岩性段。一段:主要由一套酸性火山碎屑岩组成。岩性为含砾砂岩、粗砂岩及细砾岩,安山岩夹安山质角砾集块岩,流纹质熔结凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩夹流纹岩等。二段:主要为一套以粗面岩为特征的岩石组合。岩性以粗面岩为主,夹石英粗面岩及少量灰紫色流纹质凝灰岩。三段:岩性为钾质流纹岩、细流纹状流纹岩、石英粗面岩和凝灰岩,黑曜岩出现率较多,常呈不规则层状夹于凝灰岩和流纹岩中。

大北沟组主要分布于该区中南部小厂镇喇嘛洞一带。整合于张家口组之上,岩性组合整体为一套冲积扇-辫状河沉积体系。下部为浅灰色凝灰砾岩、沉凝灰岩夹凝灰质砂岩;中部以砂岩、粉砂岩夹灰绿色页岩及褐灰色油质页岩;上部主要为砾岩夹薄层砂岩、凝灰质砂岩、沉凝灰岩。厚479.39 m。

义县组主要分布于小河子西北部,长梁-扎拉营子一带,此外,在东辛营、小厂大道湾、喇嘛洞及北栅子楼房窑一带都有零星出露。主要为一套灰绿、深灰色安山玄武岩、气孔状安山玄武岩及灰-深灰色粗安岩、气孔状粗安岩。安山玄武岩与粗安岩,常常组成火山喷发韵律。

青石砬组地表未见露头,据钻孔资料该组主要分布于小河子一带,为一套河流-湖沼相含煤沉积建造。下部为义县组玄武安山岩、粗安岩,局部直接盖于张家口组之上,其上为上新世红色粘土,地表完全被新生代全新世松散堆积物覆盖。

(2) 新生代第四纪地层

主要分布于区内北部,出露面积约560 km²,占全

区总面积的35%。除晚更新世马兰组外,主要为全新世松散堆积物。根据成因类型可进一步划分为风积、冲洪积、风积+坡洪积和湖沼积四种。

1.2 岩浆岩

(1) 侵入岩

该区侵入岩仅在中南部有出露,面积约46 km²,占测区总面积的6%。从新太古代、古元古代、古生代二叠纪至中生代晚侏罗世、早白垩世侵入岩均有不同程度的出露。新太古代、古元古代变质侵入岩及二叠纪侵入岩,主要分布在该区的南部,呈近南北向、北西向分布;中生代侵入岩展布总体呈北东向,分布在该区中、南部。

新太古代侵入岩为变质深成岩,岩性为片麻状花岗岩,见于该区中南部长城以北梁头一带,呈东西向展布,面积约2 km²,被古元古代变质斑状二长花岗岩和变质正长花岗岩侵入,东侧与中生代火山岩呈断层接触。

古元古代侵入岩见于该区沽源县翟家营、盘道沟和赤城县栅子口一带。由大小4个岩体组成。岩性由变质石英闪长岩(δPt_1)、变质斑状二长花岗岩(πhgPt_1)、变质二长花岗岩(hgPt_1)、变质正长花岗岩($\xi\gamma\text{Pt}$)组成。呈岩滴和小岩株产出。北部被晚侏罗世岩体侵入,东西两侧分别被早白垩世张家口组和义县组覆盖。岩体受北北西向断裂构造改造明显,总体呈南北向展布。

早二叠世闪长岩(δP_1)、石英闪长岩(δoP_1),呈岩滴状产出,分布于该区中南部楼房窑一带长城以南一处,侵入古元古代正长花岗岩与斑状二长花岗岩的接触带中,面积约0.2 km²。

晚侏罗世侵入岩分布于该区中部和南部一带,呈岩株状产出,由大小不等的6个岩体组成。面积约为15 km²。主要岩性由闪长岩(δJ_3)、二长花岗岩(hgJ_3)组成。岩体受南北向及北东向断裂构造控制十分明显。侵入于古元古代变质侵入岩,被早白垩世张家口组覆盖。

早白垩世侵入岩有正长斑岩和辉绿岩等。前者主要分布于该区东南部的三扎拉台,黄岑沟、老掌沟门等地,面积小于1 km²。多呈小岩滴、岩墙、岩脉产出,受断裂构造控制明显。一般产于近火山口附近,侵入于张家口组三段流纹质凝灰岩、熔结凝灰岩中。后者分布于该区丰源店大扇子沟东梁、阳坡等地。呈小岩滴、脉状产出,面积约3 km²。侵入于张家

口组二段粗面岩中。

(2)火山岩、潜火山岩

该区火山岩主要有中性火山熔岩、酸性火山熔岩和火山碎屑岩。主要见于早白垩世义县组和张家口组。该区潜火山岩主要为早白垩世形成的中、酸性潜火山岩。

张家口组：火山熔岩主要有粗安岩、粗面岩、流纹岩、石英粗面岩、黑耀岩、珍珠岩等，呈溢流相产出。火山碎屑岩有流纹质熔结凝灰岩、流纹质含角砾弱熔结凝灰岩呈火山碎屑流相产出。

义县组：火山熔岩主要有粗安岩、玄武粗安岩等，呈溢流相产出。

潜火山岩主要有潜安山岩、潜粗面岩、潜石英粗面岩、潜流纹岩和流纹斑岩等。

1.3 构造

(1)区域断裂

该区断裂构造十分发育。北东向、北西向的断裂构造，是控制区内早白垩世火山岩浆活动的主要断裂，主要形成于早白垩世，它们的活动展示了燕山

板内造山的特点，断层性质以正断层为主，硅化、褐铁矿化蚀变强烈，对区内铀钼等矿产的形成与分布具有明显的控制作用。

火山机构多沿着北东向及北西向断裂及南北向断裂的交汇部位呈串珠状分布。早白垩世火山活动晚期，区内几组断裂限定的地块由于差异性的升降运动，在区内火山构造洼地内形成次一级的堑垒构造。如区内中部的北东向四合庄-大官厂-留子号断裂(F3)和南侧与其平行的莲花滩-长梁-西南凹断裂(F12)形成的北东向地堑带，限定了较厚的张家口组三段酸性火山岩及第四纪地层在区域上的形成与分布。区内中部的近南北向楼房窑-沽源断裂(F1)控制了喇嘛洞一带大北沟组沉积建造的形成与发展演化和小河子沉积盆地的形成与发展演化。在与F12、F3断裂的交汇处，是火山活动及铀钼多金属富集的有利场所，为区内铀钼矿的形成创造了有利条件(图1)。

(2)火山构造

该区火山构造属多伦-蔚县火山活动带(Ⅲ级)、

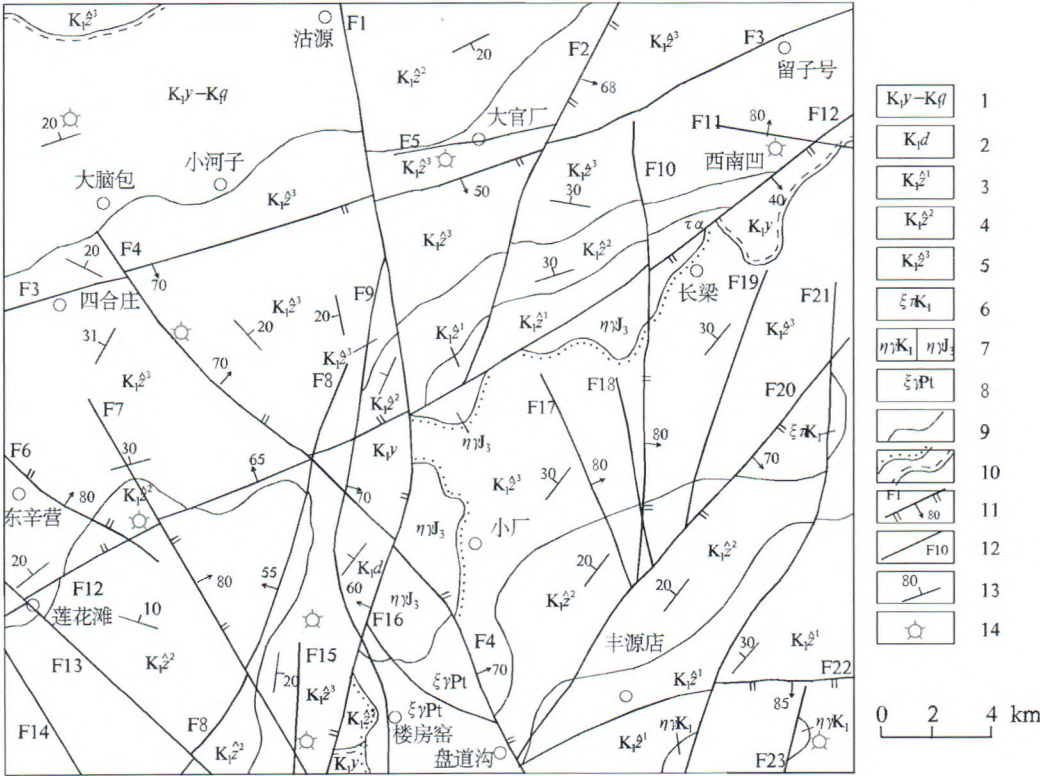


图1 沽源地区构造纲要图

Fig.1 Tectonic outline map of the Guyuan area

- 1. 义县组-青石砬组; 2. 大北沟组; 3. 张家口组一段; 4. 张家口组二段; 5. 张家口组三段;
- 6. 早白垩世正长斑岩; 7. 早白垩世二长花岗岩; 晚侏罗世二长花岗岩; 8. 古元古代正长花岗岩; 9. 地质界线;
- 10. 不整合、平行不整合界线; 11. 正断层及编号; 12. 性质不明断层及编号; 13. 地层产状; 14. 火山口

沽源-赤城火山构造洼地(Ⅳ级)和太仆寺旗火山构造洼地部分(Ⅳ级)^[7]。火山机构(Ⅴ级)依据岩性岩相特征划分为大官厂破火山、元山子火山喷发中心、小河子破火山、小厂层状火山、东新营锥火山、莲花滩火山穹窿、丰源店火山喷发中心等13个火山机构。

区内火山构造与成矿关系密切,尤其是铀、钼成矿与火山机构息息相关,铀钼矿化产于火山机构的潜火山岩相和隐爆角砾岩相。此外区内珍珠岩矿产产于火山口附近或火山口中,萤石矿主要产于火山断裂中。

1.4 蚀变

区内蚀变主要有硅化、赤铁矿化、萤石化、碳酸盐化、褐铁矿化、水云母化,高岭土化等。硅化与磁铁矿化、铀钼矿化关系密切,赤铁矿化、萤石化、水云母化,高岭土化与钼钼矿化直接相关,碳酸盐化与萤石矿化有一定的内在联系。

1.5 矿化

区内矿化主要有与古元古代变质侵入岩、早二叠世中性侵入岩及基性、超基性捕虏体和辉绿岩脉

成矿作用有关的磁铁矿化,与中生代火山热液、潜火山热液成矿作用有关的铀钼矿化、铅锌金银矿化,与热液成矿作用有关的萤石矿化,与火山喷发作用有关的珍珠岩矿化,与火山喷发作用及含矿热液蚀变作用有关的沸石矿化,与沉积埋藏有关的煤矿化等。

2 区域矿产分布及主要矿床地质特征

该区已知和新发现矿床、矿(化)点共35处(图2,表1)。其中有色金属4处,矿种主要包括钼、铅、锌等;黑色金属5处,矿种为磁铁矿,非金属矿点15处,矿种包括珍珠岩矿、沸石矿、萤石矿;能源矿11处,矿种为褐煤、铀矿,新发现矿点、矿化点共13处。

2.1 金属矿产

(1) 栅子口磁铁矿

该矿分布于区内南部赤城县栅子口一带,有矿化点3处,矿点2处,属新发现矿(化)点。磁铁矿体产于早二叠世闪长岩与古元古代变斑状二长花岗岩接触带,二者为断裂接触,矿体呈透镜状或长条状,垂

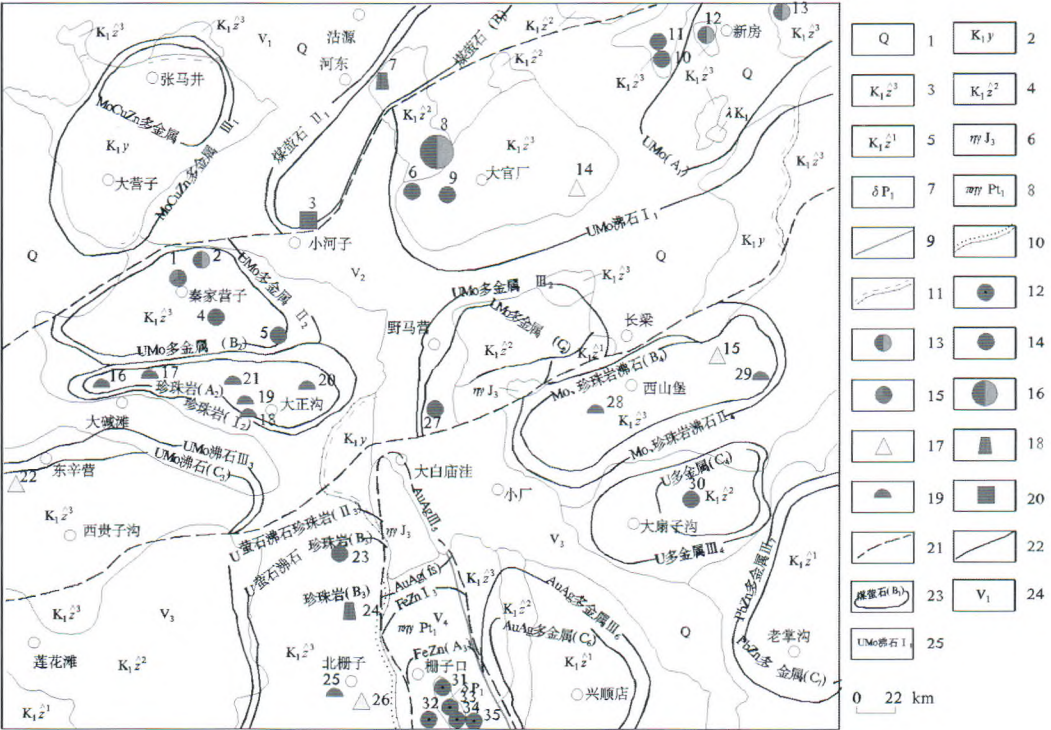


图2 沽源地区矿产分布、成矿亚带、成矿远景区、找矿靶区划分略图

Fig.2 The division of mineral distribution, metallogenic subzone, prospect area and prospecting target in Guyuan area

- 1.第四系;2.义县组;3.张家口组三段;4.张家口组二段;5.张家口组一段;6.晚侏罗世二长花岗岩;7.早二叠世闪长岩;8.古元古代变质斑状二长花岗岩;9.断裂;10.角度不整合;11.平行不整合;12.磁铁矿(化)点;13.铀钼矿(化)点;14.铀矿点;15.多金属矿点;16.中型铀钼矿床;17.沸石矿点;18.萤石矿点;19.珍珠岩矿(化)点;20.褐煤矿点;21.成矿亚带;22.成矿远景区界线;23.成矿靶区界线及编号;24.成矿亚带编号;25.成矿远景区编号

表1 沽源区矿(化)点特征一览表
Tab.1 Character of mineralized points
(mineralized points) in Guyuan area

序号	编号	矿产名称	矿产分类	矿产类型	矿产名称	规模	成因类型	图幅 (1/5万)
1	1	秦家营子	金属矿产	有色金属矿	铅锌金矿	矿点	火山	小河子
2	2	哈巴狗泉			铀钼矿	矿点	火山	
3	5	新房*			铀钼矿	矿化点	火山	
4	6	柳花营子*		钼矿	矿化点	火山		
5	4	栅子口南*		黑色金属矿	磁铁矿	矿化点	岩浆	小厂
6	5				磁铁矿	矿化点	岩浆	
7	6				锌铁矿	矿点	岩浆	
8	7				锌铁矿	矿点	岩浆	
9	8				磁铁矿	矿化点	岩浆	
10	2	炭窑沟	非金属矿产	工业岩石	珍珠岩	矿点	火山	东辛营
11	1	大猪圈			珍珠岩	矿点	火山	小厂
12	2	大干沟			珍珠岩	矿点	火山	
13	1	大碱滩*			珍珠岩	矿点	火山	
14	3	大正沟西*			珍珠岩	矿点	火山	东辛营
15	5	大井沟*			珍珠岩	矿化点	火山	
16	4	大正沟北*			珍珠岩	矿化点	火山	
17	6	东营子*			珍珠岩	矿点	火山	
18	8	北栅子*			珍珠岩	矿化点	火山	
19	7	水泉沟		工业矿物	沸石	矿点	火山	长梁
20	8	东井沟			沸石	矿点	火山	
21	9	车马店			沸石	矿点	火山	
22	10	莲花滩			沸石	矿点	火山	
23	3	狼尾巴山			萤石	矿点	火山	小河子
24	3	红泥滩			萤石	矿点	火山	东辛营
25	2	小河子		能源	煤	褐煤	矿点	沉积
26	1	大廟子沟	铀		铀	矿点	火山	小厂
27	3	大官厂北			铀钼矿	中型	火山	长梁
28	4	大官厂西			铀	矿化点	火山	
29	4	黑山嘴			铀	矿化点	火山	
30	5	前石头坑			铀	矿化点	火山	小河子
31	6	韩庆坝			铀	矿化点	火山	
32	7	羊圈圪			铀	矿化点	火山	
33	7	义合成			铀	矿化点	火山	
34	11	喇叭洞			铀	矿化点	火山	
35	9	郝家营		铀	矿化点	火山	小厂	

注:※为新发现矿(化)点

直埋深约10~20 m。矿石类型分为致密块状和浸染状,前者磁铁矿呈他形-自形,粒状集合体,块状构造,脉石矿物主要为石榴子石,透辉石,透闪石及交代残留物;后者磁铁矿石为自形-半自形,浸染状,条带状构造,脉石矿物多为石榴子石,透辉石,透闪

石。磁铁矿点在矿区有两处:1)KT1磁铁矿体,呈北北西向展布,似脉状产出,长90~100 m,宽8 m~10 m,走向350°,倾向80°,倾角85°。围岩为早二叠世石英闪长岩。磁铁矿化较好,矿石类型致密块状。矿石化学分析结果:TF_e最高达到38.85%,mFe 19.68%,平均mFe 19.07%。矿体厚度为1.79 m。属于中品位磁铁矿。2)KT2磁铁矿体,呈北北西向脉状产出,长约100 m,宽约13 m,走向160°,倾向250°,倾角85°。磁铁矿化较好,矿石类型为致密块状,浸染状。矿石化学分析结果:TF_e最高达到56.53%,mFe 51.68%,平均mFe 34.55%。矿体厚度3.44 m。围岩为辉绿岩和石英闪长岩。具有硅化蚀变、可见黄铁矿化、金云母化,局部可见石榴子石和方解石脉。矿体与围岩界线较清楚。矿区磁铁矿矿体估算334资源储量分别:KT1矿体1.78万吨,KT2矿体为3.79万吨,总计5.57万吨,属于小型磁铁矿床。

(2) 铀钼多金属矿

该矿产主要分布于该区的北半部,发现铀钼矿(化)点11处。矿体及矿化体多赋存于张家口组二、三段酸性地层中,与潜流纹岩关系密切。矿点分布受区域性断裂和火山断裂影响很大,四合庄-大官厂-留子号北东向断裂及莲花滩-长梁-西南凹北东向断裂是控制区内铀钼矿的主导断裂,沿断裂分布的火山构造如莲花滩火山穹窿、小河子破火山、大官厂破火山等是钼铀导矿与储矿的有利条件。其中以秦家营子铀钼多金属矿,大官厂铀钼多金属矿,新房-柳花营子铀钼多金属矿矿化最好。秦家营子铀钼多金属矿,大官厂铀钼多金属矿由前人发现勘查,前者规模为矿点,后者为大中型铀钼矿床。新房-柳花营子铀钼多金属矿属新发现。

①大官厂铀钼多金属矿床特征

该矿床产在四合庄-大官厂-留子号北东向区域性断裂中段上盘次级控矿断裂旁侧的潜流纹岩上部隐爆角砾岩中。

矿体、矿石具有如下特征^[8-10]:矿化带西起ZK26-0号钻孔,东至ZK29-6号钻孔,全长1 400 m,最宽200 m,矿体赋存标高为1 458~1 050 m,矿化垂深408 m。共圈出矿体70多个,一般长80 m,宽40~80 m。矿体最大厚度17.81 m,多数为0.7~4.0 m,平均厚度2.16 m,最高品位0.343%,矿床平均品位0.086%。矿体主要呈脉状产出,矿石矿物为钛铀矿、沥青铀矿、胶硫钼矿、辉钼矿、彩钼铅矿、方铅矿、闪锌

矿、黄铁矿、菱铁矿、赤铁矿、白铁矿;脉石矿物为石英、萤石、水云母、高岭土、绿泥石等。矿石工业类型为含粘土矿物和萤石的铀钼矿石。矿石自然类型有浅部的浸染状交代型和深部的脉状-角砾状矿石两种。矿石结构构造为交代型(浸染状、细脉浸染状)和充填型(脉状、角砾状构造)。铀钼矿体在空间上具有一定的叠加性,一般钼矿化范围大于铀矿化范围。钼矿体赋存部位具有多元化特点,其上部与铀共生,下部为隐爆角砾岩中细粒浸染状独立钼矿和凝灰岩中的细粒浸染状钼矿。深部断裂构造破碎带中也含有钼工业矿体。铅矿体与铀钼矿体有不同的水平和垂直分布特征,即沿铀钼矿体向北部、深部出现铅矿体,局部有铀铅共生矿体。走向 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$,倾向 $150^{\circ} \sim 160^{\circ}$,倾角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。

矿区铀矿体多以层状、似层状、透镜状产出,成群出现,相互平行排列。主要产出埋深标高在1 350~1 450 m及1 150~1 200 m,其中1 350~1 450 m为主要成矿富集带。矿区铀矿体主要受北东向区域断裂构造和潜流纹岩控制,铀矿主要赋存在潜流纹岩体之上沿走向最大延伸约为300 m,倾向延伸约70 m,铀的存在形式多以分散吸附形式存在,少量的钍铀矿和沥青铀矿等以单铀矿形式存在。

矿区钼矿体呈不规则脉状、透镜状,在钾质流纹岩中与铀矿共生,另外,在沸石化流纹质凝灰岩中也有富集。钼矿的存在形式有两种,一种存在于与铀共生的胶硫钼矿、凝灰岩和隐爆角砾岩中细粒浸染状的辉钼矿;一种存在于潜流纹岩体中的脉状辉钼矿。铅矿的存在形式主要为钾质流纹岩和潜流纹岩中方铅矿呈脉体出现。

矿床围岩蚀变发育,蚀变类型有水云母化、赤铁矿化(红化)、胶黄铁矿化(黑化)、高岭土化、萤石化、硅化等。总体为一套中低温热液蚀变,赤铁矿化(红化)、胶黄铁矿化(黑化)是矿区的找矿标志之一,两者蚀变类型均赋存在铀钼矿含矿部位。

②新房-柳花营子铀钼多金属矿化地质特征

矿化区处于元山子火山喷发中心的地带,四合庄-大官厂-留子号断裂构造的东端从矿化区中部穿过。出露地层主要为张家口组三段和大北沟组,火山断裂及节理发育,矿化蚀变呈带状沿北东向断裂分布,矿化蚀变一般呈浸染状分布于岩石的裂隙或层理中。蚀变类型主要为硅化、萤石化、赤铁矿化、辉钼矿化等。在新房,柳花营子发现铀钼矿化点2处。

区内岩石主要为酸性火山碎屑岩,岩石类型简单,为灰紫色流纹质角砾凝灰岩和黑色、灰黑色安山岩。

钾质流纹岩:主要分布于柳花营子一带,浅灰紫色,具有流纹构造,主要矿物有钾长石、石英,岩石层状节理发育,沿裂隙赤铁矿化、硅化、萤石化较强烈。

流纹质角砾凝灰岩:主要分布于新房一带,灰紫色,凝灰结构,块状构造。含有长石、石英晶屑,角砾成棱角状,大小为2~10 mm,成分为流纹岩,含为20%左右。胶结物为流纹质凝灰物质。该岩石表面有棕红色或红黑色与铀钼矿化有关的“黑化”,主要沿岩石节理裂隙产生,物质组成主要为针铁矿、水针铁矿和赤铁矿,呈薄膜状产出,有的呈透入斑点状或不规则状产出。此外岩石表面有高岭土化,呈斑点状,较软。

区内构造以北东向断裂为主,为四合庄-大官厂-留子号区域性断裂的北东段,地貌上表现连续的鞍部负地形,遥感解译表现为北东向的线性构造发育,地表在柳花营子一带出露较为明显,出露宽约50 m,长约800 m,构造岩主要由碎裂岩,碎裂岩组成,破碎带内有硅化、萤石化、赤铁矿化蚀变,胶硫辉钼矿化等发育,断裂产状: $330^{\circ} \angle 65^{\circ}$ 。沿断裂边部发育两组节理,产状分别为 $95^{\circ} \angle 60^{\circ}$ 和 $40^{\circ} \angle 80^{\circ}$ 。沿节理上述蚀变强烈。在新房西部山包上,可见一组近南北向的节理构造,沿其走向硅化,赤铁矿化及水云母化发育,并沿节理裂隙呈脉状或不规则状浸染状产出,宽几毫米,长几厘米至数十厘米。

区内围岩蚀变类型主要为水云母化、硅化、赤铁矿化、胶黄铁矿化、萤石化等。

新房铀钼矿化点:铀钼矿化主要沿岩石节理裂隙呈薄膜状、透入斑点状和侵染状产出。岩石节理产状有两组: $110^{\circ} \angle 83^{\circ}$; $100^{\circ} \angle 85^{\circ}$ 。铀钼蚀变矿化带主要有两条,长分别为180 m、150 m,宽约2 m。走向 20° 。地表呈铀钼矿化蚀变带。该点样品分析结果表明铀钼矿化较好,U元素含量在 $(4.22 \sim 11.4) \times 10^{-6}$ 之间。Mo元素含量比较高,高者达0.028 8%,接近工业边界品位。

柳花营子铀钼矿化点:铀钼矿化呈蚀变带产出,北东向展布,长约500 m,宽约85 m。辉钼矿化和沥青质铀矿化较发育,局部可见铜矿化。辉钼矿化及沥青质铀矿化在断层角砾岩中呈胶结物产出,在蚀变强烈地带呈隐爆角砾岩或隐爆细屑岩产出。铀钼矿化大多是沿岩石节理裂隙或隐爆角砾岩边部及其

裂隙呈棕红色、黑色薄膜状、角砾状和浸染状产出。该点基本分析样品分析结果表明铀钼矿化不及新房铀钼矿化点, U元素含量为 $(1.76 \sim 3.26) \times 10^{-6}$, Mo元素含量为 0.003×10^{-2} , 但具备U、Mo成矿的有利条件。

2.2 能源矿产

该区能源矿产有铀矿和煤矿。铀矿(化)点有9处, 煤矿点1处。因铀矿前已叙述, 这里不再赘述。煤矿点为小河子褐煤矿。

该矿分布于沽源县小河子乡北侧, 处于小河子破火山构造内, 上覆地层为第四纪黄土覆盖, 下伏为早白垩世张家口组三段火山岩及青石砬组沼泽-泥炭相的含煤建造, 厚度约上千米, 见11层煤层。

钻孔资料表明, 矿区西北部一带基底为新太古代变质岩, 岩性由黑云角闪斜长片麻岩及花岗质片麻岩组成。岩石中发育伟晶岩和石英脉体, 规模较小。早白垩世张家口组与下伏的新太古代变质岩呈角度不整合接触关系。岩性以流纹岩, 粗面岩及凝灰质角砾岩为主, 夹有不稳定的砾岩, 砂砾岩, 泥岩(ZK2钻孔)。其上为早白垩世义县组, 岩性呈黑色, 深黑色或紫红色致密块状或气孔状辉石玄武岩, 在大红石砬一带ZK4钻孔, 见有熔渣状玄武岩, 说明喷发具有间歇性。岩层产状平缓, 约 10° 左右。覆盖其上的为早白垩世青石砬组, 底部为一套角砾岩, 零星分布于盆地边缘, 其顶部夹有薄层粘土岩或角砾粘土岩, 夹有极不稳定的煤两层, 厚度分别为0.4 m, 0.3 m(zk13钻孔)。沉积厚度受古地形控制, 南部厚, 北部薄直至尖灭。下部以细砂岩, 粉砂粘土岩为主, 过渡为含炭化植物粘土岩, 含碳粘土岩, 边缘部位夹有不稳定的煤层, 多达11层, 一般1~3层, 厚0.1~1.10 m, 可采煤为1层。厚度由中心向四周递减。上部地层为含煤粘土岩, 岩性由粘土岩, 粉砂岩, 粉砂质粘土岩, 细中粒砂岩, 硬砂岩及薄层煤组成。依据该矿点煤层产出特征和该区地壳活动演化, 其成因类型应为内陆断陷盆地。

2.3 非金属矿产

区内非金属矿产分布广泛, 主要矿种有珍珠岩矿、萤石矿、沸石等。分布于早白垩世张家口组三段地层中, 多受火山岩及火山构造控制。

(1) 珍珠岩矿

该矿主要分布于大碱滩、炭窑沟、大正沟、大猪圈、大干沟、北栅子等地, 共有矿(化)点10处。均赋

存在张家口组三段地层的上部层位, 呈层状或似层状产出, 矿化类型主要为火山熔岩型。以大碱滩-大正沟珍珠岩矿质量最好。

珍珠岩矿(化)层产于流纹岩或沸石化流纹质凝灰岩中, 呈层状产出。与流纹岩或沸石化流纹质凝灰岩在倾向上和走向上呈渐变过渡关系。珍珠岩一般呈灰绿色, 灰白色或深灰色, 多为半透明, 珍珠光泽, 无斑或稀斑状结构, 基质为珍珠结构, 块状构造, 贝壳状断口。依据22件样品分析结果, 共圈出珍珠岩矿(化)层两层。

第一矿层: 由基本分析样品HTC6-2至HTC6-15(样品HTC6-8除外)确定, SiO_2 为74%, H_2O^+ 为3.77%, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 为3.16%, 实验室膨胀倍数3.19, 工业膨胀倍数12.07, 容重(膨胀后的密度)334.84 kg/m^3 。该矿层厚度为24.75 m。底板为灰黑色角砾状珍珠岩, 顶板为灰白色、白色沸石化流纹质凝灰岩。与吉林省九台县珍珠岩矿床比较(工业膨胀倍数大于7者, 最低可采厚度2 m)。上述珍珠岩矿层具有工业开采价值, 可用于Ⅲ类用途混凝土细骨料。

第二矿层: 由基本分析样品HTC6-18至HTC6-21确定, SiO_2 为71.11%, H_2O^+ 为3.56%, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 为2.85%, 实验室膨胀倍数7.92, 工业膨胀倍数38.04, 容重(膨胀后的密度)140.93 kg/m^3 , 按照矿产工业要求可作为Ⅲ类混凝土细骨料。该矿层厚度为6.87 m。底板为灰白色、白色沸石化流纹质凝灰岩, 顶板为紫红色流纹岩。

该区珍珠岩矿体估算334资源储量为KT3矿体63.16万吨, KT4矿体为15.87万吨, 总计79.08万吨, 属于小型珍珠岩矿床。

(2) 萤石矿

主要分布在该区的红泥滩、狼尾巴山一带。受火山断裂控制, 矿体一般呈透镜状, 已开采。

狼尾巴山位于沽源县平定堡南。矿体赋存在早白垩世张家口组二段, 主要岩性由灰色粗面岩组成, 走向南北, 西倾, 角 70° 。受大官厂层状火山边缘环状断裂构造控制。矿体呈透镜状产出, 发育两条矿体, 受断裂构造控制, 呈北东东向展布, 第一条矿脉长100 m, 厚0.26~1.90 m, 沿走向变化较大。第二条矿脉长32 m, 厚16 cm。矿石主要由萤石组成。

红泥滩萤石矿位于沽源县小厂镇红泥滩村北。矿区内出露地层为张家口组三段, 岩石主要为一套灰粉色流纹岩。近东西向断裂发育, 萤石矿沿断裂

带裂隙分布,断裂产状: $350^{\circ}\angle 80^{\circ}$ 。矿体呈脉状产出,宽1.16~2.0 m。产状较稳定,产状: $310^{\circ}\angle 85^{\circ}$ 。矿脉地表断续出露长度900 m。控制矿体长900 m。矿体平均厚度1.56 m。 CaF_2 31.93%。脉石为流纹岩。

(3)沸石矿

主要分布于车马店、东井沟、水泉沟一带,产于张家口组三段地层的上部,厚度不等,前人曾部分开采。以水泉沟沸石矿规模、质量最佳。水泉沟矿点出露的早白垩世张家口组三段地层,岩性主要有流纹质角砾熔结凝灰岩、凝灰质角砾岩、白色、粉红色沸石岩。沸石岩走向东西向,北倾, $\angle 5^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 。沸石矿呈层状,平均厚度6.51 m。围岩蚀变有高岭土化、沸石化、斑脱化。

沸石矿产于张家口组三段,凝灰质角砾岩之底部,出露面积约0.25 km²,沸石矿走向东西向,北倾, $\angle 5^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 。矿层上部为粉红色沸石。中部为灰色或灰绿色沸石,下部为粉红色角砾状沸石岩,底板为紫色凝灰质砂岩及砾岩。

ZK0-1及ZK0-2钻孔,均见有沸石化矿层,ZK0-1钻孔见沸石矿层15.60~26.70 m,控制矿层厚度11.10 m。矿体长170 m。 NH_4^+ 吸氮值最高152.07 mmol/100 g,最低134.02 mmol/100 g。矿体中心厚,向四周渐薄,矿体产于火山盆地中。

经X光衍射分析,红外线吸收光谱,差热分析,电子显微镜和岩矿鉴定,确定本区沸石矿的主要矿物为斜发沸石,其含量为60%~70%,硅铝比为8.69~9.71,属于高硅沸石,热性能稳定性临界温度为700℃。此外矿石中还含有蒙脱石,透长石,石英和少量的方石英。矿石为斑状结构,凝灰质结构,块状构造,矿石质地细腻,性脆易碎。

沸石矿其他化学成分含量: K_2O 为1.15%, NaO 为0.64%, CaO 为2.84%, MgO 为0.97%。

上述测试结果表明,矿区沸石矿矿石质量优良,各元素含量达到工业规范要求。

矿体与围岩为整合渐变接触关系,层状产出,矿层顶板为粉红色流纹质凝灰角砾岩,底板由粉红色凝灰质砂砾岩,流纹岩及熔结凝灰岩组成。

经储量计算,获得沸石矿估算333资源量16.649万吨,估算334资源量76.555万吨。

3 成矿规律与成矿模式

由前述可知,区内矿产主要为金属矿产、非金属

矿产和能源矿产(图2),其中以内生矿产为主。金属矿产有磁铁矿、多金属矿;非金属矿产有珍珠岩、沸石和萤石;能源矿产有铀、铀钼和褐煤矿等。区内矿产的形成与分布在时空分布上均有一定的规律性。

3.1 矿产的空间分布与控矿规律

区内矿产的形成与分布主要受大地构造、地层、控矿构造及岩浆岩分布等因素的制约,内生矿产空间分布规律尤为突出,相同类型及成因的矿产在空间上分布具有相似的特征。1)在水平方向上:区内矿产的形成与分布有一定的规律性。主要表现为:磁铁矿见于该区南部,与古元古代、早二叠世中侵入岩以及基性超基性岩捕虏体、辉绿岩脉关系密切;多金属主要分布于区域断裂和火山构造附近;珍珠岩、沸石岩主要分布于早白垩世张家口组中或火山机构附近;萤石主要分布于区域断裂或火山机构附近的环状、放射状断裂中;铀矿、铀钼矿分布于区域断裂或火山机构附近;褐煤矿主要分布于陆相沉积盆地中。2)在垂直方向上:由于形成物理化学条件的差异性成矿也有一定的规律性,珍珠岩、沸石岩、萤石矿主要见于地表或地下浅部,铀钼矿化见于地下深部,伴随海拔高度的降低,矿化有愈来愈好趋势。褐煤矿主要形成于陆相沉积盆地中,埋藏较深。

依据区内上述矿产分布特征、形成条件,受地层、岩浆岩、构造等因素控制明显,就其控制规律总结如下:

(1)地层控矿规律

区内地层对褐煤矿具有明显的控制作用。如区内小河子褐煤矿的形成与分布就受早白垩世青石砬组陆源碎屑湖泊相、湖沼相沉积地层控制。区内珍珠岩矿、沸石岩矿形成与分布与张家口组酸性熔岩、酸性碎屑岩关系密切,珍珠岩矿与流纹岩在走向和倾向上呈渐变过渡关系,沸石岩矿产于流纹质凝灰岩中或流纹质火山沉积碎屑岩中。

(2)岩浆岩控矿规律

区内岩浆岩控矿主要表现为侵入岩和火山岩控矿作用。侵入岩控矿主要表现是区内磁铁矿的形成与分布受早二叠世闪长岩、石英闪长岩、基性超基性岩捕虏体、辉绿岩脉控制明显,上述岩石为铁矿的形成提供了物质来源。区内珍珠岩的形成与流纹质岩石紧密相关,二者通常呈渐变过渡关系。二者 SiO_2 含量均较高,多在70%左右。

区内铀钼矿及多金属矿与早白垩世张家口组、

义县组关系密切。酸性火山岩类(张家口组二段、三段流纹岩和粗面岩、石英粗面岩)U、Mo元素含量较高,Mo在 $1.46\times 10^{-6}\sim 3.95\times 10^{-6}$ 、U在 $2.83\times 10^{-6}\sim 4.79\times 10^{-6}$ 。在义县组中性、中基性火山岩(玄武安山岩、安山玄武岩)中U、Mo元素含量较低,Zn元素含量较高,为 $125.9\times 10^{-6}\sim 136.9\times 10^{-6}$,其他Pb、Bi、W元素含量均较低。

区内铀矿的形成与张家口组酸性火山岩(流纹质岩石、粗安质岩石、石英粗面质岩石)、潜火山岩、侵入岩等关系密切,是本区火山岩型铀成矿的最重要的铀源层(体)(表2、3)。由此表可知,地面 γ 能谱测量结果表明,其铀含量为 $5\times 10^{-6}\sim 12\times 10^{-6}$,是中生代基性火山岩及前中生代变质岩铀含量的5~10倍。

表2 沽源地区中生代火山岩
岩石铀、钍、钾含量表(γ 能谱测量)

Tab.2 The content distribution of element U,Th,K in
Mesozoic Volcanic Rocks in the Guyuan area
(γ ray spectrometry)

地层	代号	岩性	U (10^{-6})	Th (10^{-6})	K (%)	Th/U	N
早白垩 义县组	K _{1y}	粗安岩	1.6	10.1	3.2	6.3	3
		石英粗面岩	4.1	16.4	4.7	4.0	6
早白垩 世张家 口组	K ₁	流纹岩	6.4	24.5	4.6	4.0	27
		黑曜岩	7.1	23.7	3.6	3.5	33
		流纹斑岩	11.7	25.4	4.1	2.1	18
		角砾凝灰岩	4.5	22.6	4.1	5.0	11
		熔结凝灰岩	4.6	24.0	3.7	5.2	17
		粗安岩	3.9	16.9	5.3	4.3	4

注:据参考文献[6]

表3 沽源-蔡家营变质岩及侵入岩岩石铀、钍、钾含量表(γ 能谱测量)

Tab.3 The content distribution of element U,Th,K in
Guyuan-Caijiaying metamorphic and invasive Rocks
(γ ray spectrometry)

地层	代号	岩性	U (10^{-6})	Th (10^{-6})	K (%)	Th/U	N
古元古代吕 梁期侵入岩	γ_2	斑状混合岩	4.0	15.9	5.28	3.80	9
		混合花岗岩	4.50	27.2	4.52	6.40	6
太古宙 红旗营子群	Ar ₂	变粒岩	1.60	8.60	2.71	5.20	49
		浅粒岩	1.70	3.70	3.19	2.10	10
		云母片岩	1.80	5.40	5.21	3.0	2
		大理岩	2.4	4.30	1.28	3.0	4

注:据参考文献[6]

(3)构造控矿规律

①区域构造控矿规律

由区内已知金属矿产分布特征及其控矿因素可知,多数规模较大的断裂及其次级构造裂隙带与成矿作用关系密切。磁铁矿产于北北西向断裂及其次级构造裂隙中,铀钼矿、多金属矿和萤石矿主要产于

断裂中或断裂构造附近。

②火山构造控矿规律

区内V级火山构造有13处。主要为大官厂破火山、小河子破火山、莲花滩火山穹窿、小厂层火山、元山子火山喷发中心、丰源店火山喷发中心、支锅石火山喷发中心等火山构造,大体呈围斜或半围斜内倾。其中大官厂破火山与铀钼等多金属成矿关系密切。火山活动为成矿热液提供了有利空间,在火山机构附近及其外围形成了铀钼等多金属异常。此外,火山构造附近的环状断裂、放射状断裂及其构造裂隙对多金属矿化、萤石矿化及成矿也有明显的控制作用。

(4)矿产共生规律

区内金属矿产在时间和空间分布上具有不均匀性,加之由于元素、元素化合物(矿物)在形成、聚集过程中地球化学性质方面(成矿温度、压力、溶液条件)具有相似或相近的特点,以及成矿物质来源具有一致性等,因此大多数内生金属矿产、非金属矿产在区内出现矿产分类聚集现象,从而形成矿产共生组合或不同矿种共生的成矿系列。如区内最具规模的大官厂铀钼多金属矿床以铀钼矿化组合为特征;本次矿调新发现的具有较大找矿前景的栅子口岩浆热液型磁铁矿以铁锌矿化组合为主;区内多金属矿化主要以铅锌金组合为主;区内新发现的火山岩浆型珍珠岩矿通常与火山沉积型沸石矿共生。

通过对区内已知各种金属矿化的概括性总结可知,区内金属矿化在不同地段显示为铅锌、铀钼及多金属矿化组合。

3.2 矿产的时间分布规律

区内主要金属矿(铀钼、多金属)、非金属矿(珍珠岩、沸石矿、萤石)、能源矿(褐煤、铀)矿床成因类型以热液型、火山岩浆型、火山-沉积型为主,少数沉积型。形成时代主要为燕山期。从成矿物质来源直接与间接的关系上进行分析、研究和总结,产于张家口组的珍珠岩矿、沸石矿形成较早,与岩浆热液有关的磁铁矿、和与火山热液有关的热液型萤石矿、铀钼矿以及多金属矿形成较晚(铀钼矿化前人认为最早源于古元古代,最晚可到新生代),产于青石砬组的褐煤矿形成时间最晚。

3.3 成矿模型

根据区内矿产空间分布规律,综合上述诸多方面的控矿因素以及前人的研究成果等,尝试建立了

区内主要金属矿产和非金属矿产的成矿模式图(图3、4、5)。

(1) 铀钼多金属(Pb、Zn、Au、Ag)成矿模式

区内铀钼成矿与地壳运动、岩浆作用、壳幔物质相互作用以及板块构造、区域构造活动和含矿热液运移、富集成矿等息息相关。罗毅等(1997)结合铀钼成矿与上述相关因素等内容,对“燕辽地区火山热液型铀、金、多金属矿床成矿特征及分布规律”进行了研究和总结^[6],其中包括本区,对燕辽地区寻找铀金多金属矿具有重要指导意义。结合本区工作成果、成矿地质条件、铀钼多金属成矿特征及其分布规律,建立了本区铀钼多金属成矿模式示意图(图3),即所谓“大官厂式”铀钼成矿模式。铀钼成矿物质来源于莫霍面、康氏面附近,与壳幔物质相互作用形成的含矿热液,沿构造薄弱地带,在温度压力浓度由高向低演化的驱动下,含矿热液穿过基底和盖层,向火山盆地底部或火山构造附近运移、富集,在地壳浅部形成大量含矿气液,进而在早期形成的潜流纹岩附近形成隐爆角砾岩体,并在角砾岩体附近或胶结角

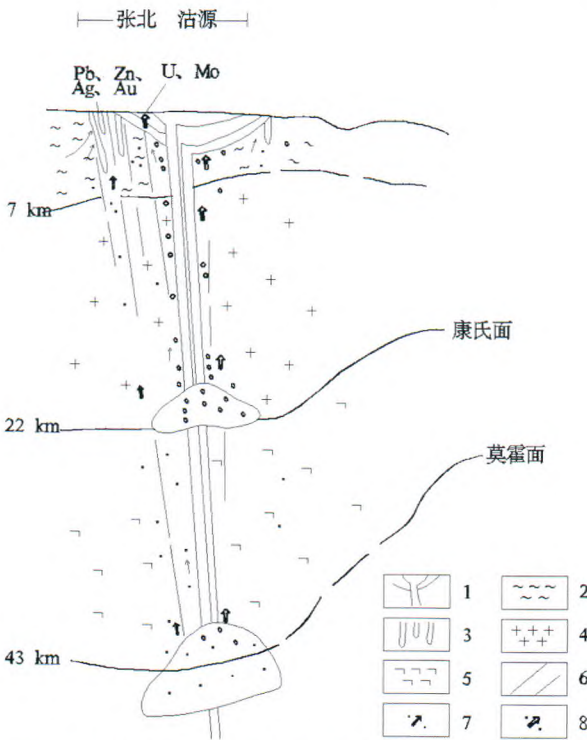


图3 沽源地区火山热液型铀、多金属矿床成矿模式图^[6]
Fig.3 The model map of volcanic-hydrothermal U polymetallic deposit in the Guyuan area^[6]
1. 中生代火山盆地; 2. 太古宙基底; 3. 中生代火山-侵入岩; 4. 硅铝壳; 5. 硅镁层; 6. 断层; 7. 金、钼多金属矿热液运移方向; 8. 铀成矿热液运移方向

砾岩体中以及角砾岩体与潜流纹岩(流纹斑岩)接触带和围岩流纹岩层间裂隙带、节理裂隙带富集成矿。矿体形态呈透镜状、似层状、脉状、筒状,矿石类型有浸染状矿石和细脉角砾状矿石。该区属于沽源火山洼地(或称火山断陷盆地),火山岩石属钙碱性中酸性、酸性火山岩,侵入岩为中、酸性侵入岩,该区内中生代以前处于隆起区,剥蚀作用为主,晚古生代地层缺失,综合分析结果表明,本区火山热液型铀(钼)多金属成矿模式与燕辽地区火山热液型铀、金、多金属矿床成矿模式基本相似或相同。

(2) 磁铁矿成矿模式

区内磁铁矿成矿主要与古元古代、早二叠世闪长岩和石英闪长岩、中基性、超基性捕虏体以及辉绿岩脉和北北向断裂活动关系密切。是燕山期构造活动导致地壳浅部热液运移,并从基性、超基性捕虏体中和闪长岩、石英闪长岩中萃取铁的有用组分,伴随着温度压力物理化学条件的变化,在断裂中或断裂附近的构造裂隙中富集成矿。区内磁铁矿成矿模式,即所谓“栅子口式”磁铁矿成矿模式(图4)。

(3) 珍珠岩矿、沸石矿、萤石矿成矿模式

区内珍珠岩矿、沸石岩矿和萤石矿成矿与火山喷发作用、火山-沉积作用及其岩浆演化后期热液蚀变以及区域断裂活动、火山构造活动、火山机构紧密相连。具体而言,珍珠岩矿形成于火山机构附近或火山口与火山喷发及火山岩浆演化直接相关,矿体与流纹岩在走向和倾向上呈渐变过渡关系;沸石岩矿与火山-沉积作用有关,是火山喷发作用形成的碎屑岩(包括流纹质凝灰岩、流纹质沉凝灰岩等)在火山喷发后期形成的火山热液以及大气降水的混合作用下形成,因而具有火山-沉积成因特点。沸石岩与

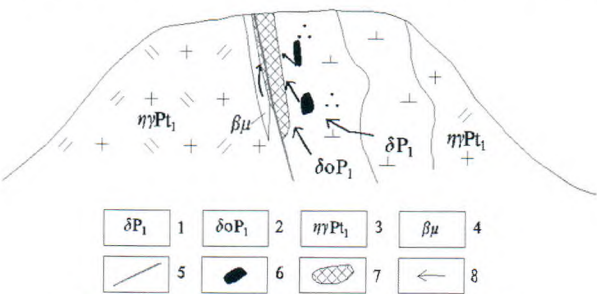


图4 栅子口燕山期磁铁矿成矿模式示意图
Fig.4 The model map of Shanzikou Yanshanian magnetite deposit
1. 早二叠世闪长岩; 2. 早二叠世石英闪长岩; 3. 古元古代变质二长花岗岩; 4. 辉绿岩脉; 5. 断裂; 6. 基性-超基性岩捕虏体; 7. 磁铁矿体; 8. 含矿热液运移方向

珍珠岩矿在空间上往往共生或相伴,大多分布于火山机构附近。萤石矿成矿作用主要与火山机构附近的环状断裂、放射状断裂乃至区域断裂具有成生联系,是火山喷发作用晚期形成的含矿汽热液在地壳浅部循环或在大气降水的参与下,在火山断裂或区域断裂中形成萤石矿体。区内珍珠岩矿、沸石矿成矿模式(图5),即所谓“大碱滩式”珍珠岩矿、沸石岩矿成矿模式和“红泥滩式”萤石矿成矿模式。

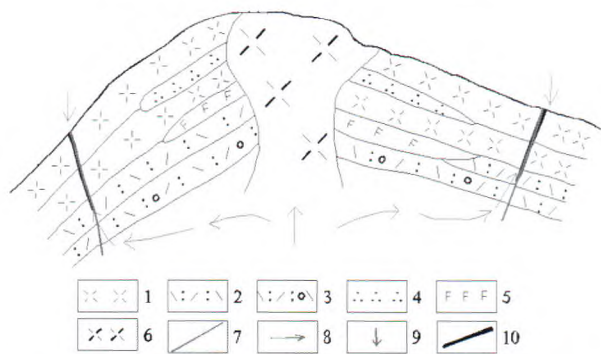


图5 燕山期珍珠岩矿、沸石矿及萤石矿成矿模式示意图
Fig.5 The model map of Yanshanian perlite deposit, zeolite minerals and fluorite deposit
1. 流纹岩;2. 流纹质凝灰岩;3. 流纹质沉凝灰岩;4. 珍珠岩矿体;5. 沸石岩矿体;6. 潜流纹岩;7. 断裂;8. 含矿热液运移方向;9. 大气降水;10. 萤石矿体

4 找矿方向

依据该区成矿有利条件,已知矿床、矿(化)点分布特征、埋藏条件,以及物化探异常等直接或间接的找矿标志等,对区内成矿亚带、成矿远景区、找矿靶区进行了划分(图2,表4、5),确定了该区今后的地质找矿方向。

4.1 金属矿产

(1) 新房 U、Mo 找矿靶区

该靶区位于区内东北部,呈近NE向的椭圆状展布,面积约92 km²。区域上位于四合庄-大官厂-留子号断裂带的东段,是铀钼多金属成矿有利地带。张麻井铀钼矿(区外)及大官厂铀钼矿均位于该构造带上,铀钼成矿受该断裂带及其分支断裂控制明显,具有优越的成矿地质条件。

有关资料表明,在重力异常上该区表现为重力低异常及负磁异常,呈北东向带状分布。区内张家口组、义县组分布广泛,局部有早白垩世潜流纹岩侵入,为铀钼矿化奠定了物质基础。与铀钼成矿有关的火山岩为酸性火山岩、隐爆角砾岩,具备大官厂中

表4 沽源地区成矿带及成矿亚带划分			
Tab.4 The division of metallogenic belt and metallogenic subzone in Guyuan area			
成矿带		成矿亚带	
V	蔡家营-大官厂钼、钨多金属、非金属成矿带	V-1	大营子-沽源多金属、非金属、能源成矿亚带
		V-2	东辛营-大官厂钼钨多金属非金属成矿亚带
		V-3	莲花滩-小厂多金属非金属成矿亚带
		V-4	栅子口-大白庙洼金、锌铁多金属成矿亚带

表5 成矿远景区及找矿靶区划分				
Tab.5 The division of prospect area and prospecting target				
级别	成矿远景区	编号	找矿靶区名称及级别	矿种与编号
I	大官厂-新房	U、Mo 沸石I1	新房	U、Mo (A1)
	大碱滩阳坡-大正沟	珍珠岩I2	大碱滩阳坡-大正沟	珍珠岩(A2)
	栅子口	Fe、Zn I3	栅子口	Fe、Zn(A3)
II	河东	煤、萤石II1	河东	煤、萤石(B1)
	秦家营子	U、Mo 多金属II2	秦家营子	U、Mo 多金属(B2)
	北栅子	U、萤石、沸石、珍珠岩II3	北栅子	U、萤石、沸石、珍珠岩(B3)
III	西山堡	Mo、珍珠岩、沸石II4	西山堡	Mo、珍珠岩、沸石(B4)
	大营子	Mo、Cu、Zn 多金属III1	张马井	Mo、Cu、Zn 多金属(C1)
	野马营	U、Mo 多金属III2	野马营	U、Mo 多金属(C2)
	西贵子沟	U、Mo、沸石III3	西贵子沟	U、Mo、沸石(C3)
	大扇子沟	U、Mo 多金属III4	大扇子沟	U、Mo 多金属(C4)
	大白庙洼	AuAg III5	大白庙洼	Au、Ag(C5)
	兴顺店	Mo、Au、Ag 多金属III6	兴顺店	Mo、Au、Ag 多金属(C6)
IV	老掌沟	Pb、Zn 多金属III7	老掌沟	Pb、Zn 多金属(C7)

型铀钼矿成矿地质条件。与铀钼成矿有关的潜火山岩为潜流纹岩。与铀钼成矿有关的断裂主要为北东向断裂。与铀钼成矿有关的火山构造为元山子火山喷发中心。新发现柳花营子、新房矿化点为铀钼,铀钼矿床类型为热液型。在柳花营子一带铀钼矿化与隐爆角砾岩关系密切,隐爆角砾岩分布于钾质流纹岩中,二者呈过渡关系,角砾间的裂隙多被微晶石英、萤石及黑色的含矿硅质脉或金属硫化物充填。经(手持矿石分析仪)测定角砾岩硫化物胶结物中铀钼矿成分含量偏高,铀元素可达(56~135)×10⁻⁶,钼元素最高达到550×10⁻⁶。

该区围岩蚀变类型多样,主要有硅化、赤铁矿化、水云母化、黑化、萤石化、褐铁矿化等,是该靶区寻找铀钼多金属矿化重要的找矿标志。此外,在西南

凹发育北东向断裂、火山机构,并有潜流纹岩侵入,钼元素含量为 $(5.64 \sim 6.67) \times 10^{-6}$ 。表明该区具有寻找钼矿的有利条件。

该区1/5万化探异常有4处;乙级异常有3处:As3乙2(Mo U Pb Hg Sb W),As4乙1(Ag Pb As Bi Hg W Sb),As11乙2(Mo Bi);丙级异常1处:As5丙(Au Cu Cr Ni);航磁异常有1处;遥感异常有3处。

(2) 栅子口FeZn找矿靶区

位于区内南部,呈北北西向分布,面积约14 km²。该靶区主要由古元古代变质闪长岩、变质斑状二长花岗岩、变质正长花岗岩,闪长岩、石英闪长岩,晚侏罗世闪长岩、二长花岗岩等组成。

与锌铁成矿有关的侵入岩为晚侏罗世闪长岩、基性超基性捕虏体、辉绿岩脉,与磁铁矿成矿有关的断裂主体为北北西向断裂。新发现矿(化)点5处,矿种为铁锌。矿床类型为岩浆热液型。化探异常有1处乙级异常:As48乙2(Ni Cu Zn Au W);航磁异常有1处;遥感异常1处,具有泥化和铁化信息。

围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化、碳酸盐化和褐铁矿化等,为该靶区寻找黑色金属矿化直接的重要找矿标志。

卫片解译北北东向、北北西向线性构造影像特征清楚,并发育环形构造。结合区内地质、矿产及物化探异常分布等特征,该靶区应以寻找岩浆热液型铁(锌)矿为主攻方向。具有寻找磁铁矿的较大潜力。

4.2 非金属矿产

(1) 大碱滩阳坡-大正沟珍珠岩找矿靶区

位于区内中西部,形态呈梨状展布,西窄东宽,长轴走向近东西向,面积约32 km²。

该靶区与成矿有关的地层主要为中生代早白垩世张家口组;北东向、北西向和近南北向断裂较发育,与成矿有关的构造为火山构造。新发现矿点4处,矿种为珍珠岩,矿床类型为火山岩浆型。1/5万化探异常有2处乙级异常:As18乙1(U Mo As Bi),As22乙2(U Mo Au),遥感异常1处,分布于该靶区的西南部。

该靶区早白垩世张家口组流纹质岩石为珍珠岩矿成矿物质提供了物质来源。火山机构及其附近的火山口为珍珠岩成矿提供了有利场所。

围岩蚀变主要有硅化和高岭土化等,是直接找矿标志。该靶区主攻方向应为寻找火山岩浆型珍珠岩矿床。鉴于该靶区成矿地质条件优越,因

此具有寻找大型珍珠岩矿床的重大潜力。

(2) 北栅子萤石、沸石、珍珠岩找矿靶区

位于区内南部,呈近似椭圆状,长轴呈SN向,面积约45 km²。

该靶区地层有中生代早白垩世张家口组、义县组。侵入岩有早白垩世潜流纹岩。北东向、北西向和近南北向断裂和火山构造较发育。

与沸石、珍珠岩成矿有关的地层主要为早白垩世张家口组;与萤石成矿有关的断裂为北东向、北西向、近于东西向断裂以及火山构造。已发现和新发现矿点3处,矿种有萤石、沸石、珍珠岩等,矿床类型为热液型、火山岩浆型。1/5万化探异常有2处:As42乙1(U Ag Pb As),As47丙(Ag Pb Sn As);航磁异常、遥感异常各1处,南部延伸区外,形态不规则,长轴方向近于南北。

围岩蚀变主要有硅化和高岭土化,是寻找萤石矿和沸石矿的直接找矿标志。该靶区主攻方向为寻找火山岩浆型珍珠岩矿床、火山-沉积型沸石矿床和热液型萤石矿。

4.3 能源矿产

河东褐煤找矿靶区位于区内西北部,呈北东向展布,面积约44 km²。

该靶区地层主要为早白垩世张家口组、义县组,地下为早白垩世青石砬组。与煤成矿有关的地层主要为中生代早白垩世青石砬组;与煤成矿有关的构造为长轴方向呈北东展布的陆相沉积断陷盆地。已发现矿产地1处,为非金属褐煤矿。矿床类型为沉积型。规模多为矿点。遥感异常有1处,长轴方向为北东向。

该靶区煤矿分布于地下,沿小河子至区外北东方向榆树沟一带陆相沉积断陷盆地分布,成煤作用受盆地构造控制明显,因此该区主攻方向应为寻找沉积型褐煤矿。具有进一步扩大小河子褐煤矿储量资源的潜力。

5 结论

综上所述,该区构造岩浆活动强烈,成矿作用显著,尤其是与金属矿产铁、钼和非金属矿产萤石、沸石、珍珠岩以及能源矿产铀等关系密切,因此该区找矿潜力很大,今后应加强该区上述矿产的地质找矿勘查工作,可进一步扩大上述矿产资源的储量,进而为地方和我国经济建设、社会发展提供重要的物质基础和可靠保证。

参考文献:

- [1] 权恒, 韩庆云, 等. 燕辽地区多金属、金、银成矿与远景[M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [2] 杜乐天. 中国热液铀矿成矿理论体系[J]. 铀矿地质, 2011, 27(2): 65-68.
- [3] 杜乐天, 王文广. 碱性幔流体与富碱热液成矿[J]. 矿床地质, 2009, 28(5): 599-610.
- [4] 沈光银, 薛清波. 沽源火山盆地燕山期次流纹斑岩地质地球化学特征[J]. 矿产与地质, 2011, 25(5): 412-426.
- [5] 张德生, 魏文通, 徐焱焱. 河北省成矿地质背景研究[M]. 中国地质大学出版社, 2015.
- [6] 罗毅, 等. 燕辽地区火山热液型铀、金多金属矿床成矿特征及分布规律[M]. 北京: 原子能出版社, 1997.
- [7] 李新华, 申宗义, 许洪才, 等. 河北省小河子、长梁、东辛营、小厂幅 1/5 万战略性矿产远景调查报告[R]. 河北省区域地质矿产调查研究所, 2015.
- [8] 沈光银, 薛清波, 高金铖. 大官厂铀钼多金属矿床控矿因素及找矿方向[J]. 有色金属(矿山部分), 2009, 61(2): 32-35.
- [9] 沈光银, 杜俐, 林银山. 综合物探方法在寻找隐伏铀钼矿床中的应用[J]. 物探与化探, 2012, 36(5): 732-736.
- [10] 沈光银. 460 铀-钼矿床控矿因素及矿床成因探讨[J]. 矿产与地质, 2007, 5: 509-514.

Metallogenic regularity and prospect of the Guyuan area, Hebei province

XU Hong-cai, SHEN Zong-yi, LI Xin-hua, ZHAO Hua-ping, ZHANG Li-guo,
LYU Yun-qi, XU Yan-yan, JI Hong

(Hebei Province regional geology minerals investigation research institute, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Guyuan area is a part of the northern margin of the North China plate with strong magmatic tectonic activity and mineralization. There are metallic deposits such as Fe, Mo, U, Pb, Zn, ect, nonmetal deposits such as CaF_2 , Fluorspar, zeolite, perlite, ect, energy minerals such as U and coal. Based on the analysis of the 1/50 000 mineral survey in this area recently, this paper makes further study and summarizes the metallogenic regularities of the Guyuan area to provide reference for geological prospecting in the future.

Key words: mineral deposits; metallogenic regularity; prospecting direction; Guyuan area

学术论文的引言内容要求

引言(又名前言、概述)经常作为论文的起始段落,主要回答“为什么做该项研究”这个问题,可分为两个方面的内容,一是问题从何说起,即问题的出处;二是问题为何提出,即提出的必要性。总的来说,其目的是阐述问题的由来,具体要简明介绍论文的研究背景,通过文献综述所研究领域的研究现状,找到存在问题,给出本次研究的起点,研究方法,追求的目标和取得的主要成果,以此来表明本篇论文的创新性,体现文章的价值,使读者明了文章主题的性质和份量,引起他们的重视和阅读兴趣。一般的摘要应具备5个基本要素:总结和分析相关研究成果,找出该领域中存在的问题,提出本论文要研究的问题,阐明研究思路,简述研究方法。

引言应言简意赅,不要等同于论文的摘要,或成为摘要的注释。引言中不要详述同行熟知的定义,包括教科书上已有陈述的基本理论、实验方法和基本方程的推导等。如果在正文中采用比较专业化的术语、缩写词,或引入新概念,最好先在引言中定义说明或加以解释。一般情况下,文章的这一部分都比较简短。

本刊编辑部