

烟台福山北部地区金及多金属矿成矿系列*

丁正江^{1,2}, 孙丰月¹, 刘殿浩², 张丕建², 杨国福², 孔彦²

(1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 山东省第三地质矿产勘查院, 山东 烟台 264000)

摘要:烟台福山北部地区地处胶东栖霞(震)-蓬(莱)-福(山)成矿带北段。该区粉子山群大面积出露,中生代岩浆活动强烈,褶皱断裂构造发育,形成一完整的热液成矿系统。对区内邢家山(钨钼)、王家庄(铜锌)、杜家崖(金)等典型矿床(式)研究发现:该区金属成矿作用与中生代燕山晚期斑岩关系密切,由高温至低温成矿作用在空间上展布规律明显,共同构成了与中生代燕山晚期中酸性岩浆侵入作用有关的金及多金属成矿系列。从现有研究成果看,中低温热液脉型、斑岩-矽卡岩型以及浅成低温热液型金及多金属矿应作为该区找矿主攻方向。

关键词:金矿;多金属矿;成矿系列;找矿方向;胶东;烟台福山

中图分类号:P618.401;P618.51

文献标识码:A

研究区位于山东省烟台市福山区隆口—栖霞市杜家崖一带,大地构造位置处于华北板块胶北地块胶北隆起区。栖霞(震)-蓬(莱)-福(山)成矿带中段,是胶东地区重要的金、铜、钨等多金属成矿区,成矿条件优越^[1,2](图1^①)。该文在对比区域典型矿床成矿特征基础上,对该区成矿系列^[3]进行初步总结,并简要分析该区成矿作用,指出找矿方向,以期今后的勘查工作提供参考。

1 研究区成矿地质背景

区内出露地层包括古元古代粉子山群,新元古代蓬莱群,中生代莱阳群、青山群及新生代第四系。其中粉子山群为一套碎屑岩及碳酸盐岩沉积建造,主要岩性为各种变粒岩、片岩、大理岩及透闪岩等,区域内发现的金及多金属矿床多产于该群地层中。

区内侵入岩发育,以中生代燕山晚期王家庄单元石英闪长玢岩出露最为广泛。该期岩体规模大,分布广,区域钨、铜、金矿的产出皆与其有关,是控矿的重要因素之一。

区内褶皱和断裂构造发育,层间构造常见。褶皱构造主要发育有巨屯-邢家山倒转向斜,其内小型

褶皱、褶曲及部分地段次级断裂发育,局部见有石英闪长玢岩脉侵入。该倒转向斜分布区是成矿的有利部位。断裂构造可分为NW向和NE向2组。前者以吴阳泉断裂为代表,该断裂延深大,活动时间长,属区内I级断裂,是区内深源岩浆及流体活动的重要通道;后者包括院下-肖家乔断裂(F₁)、赵家庄断裂(F₂)等,断裂带内岩石均较为破碎,发育黄铁矿化、硅化等蚀变,为重要的控矿断裂。层间构造为成矿热液的运移与沉淀提供了良好条件,是该区金矿体的主要赋存空间之一。

2 矿床成矿系列及典型矿床

从区内矿床特征、控矿因素、成矿条件等方面研究发现,可以统一归为与中生代燕山晚期中酸性岩浆活动有关的金及多金属成矿系列^[4,5],包括邢家山式矽卡岩-斑岩型大型钨钼矿床、王家庄式中低温热液脉型铜锌中型矿床和杜家崖式中低温热液脉型金银中型矿床3个矿床,均产于粉子山群地层之中。

2.1 邢家山式钨钼矿床

位于区内近EW向吴阳泉断裂带的东段北侧,

* 收稿日期:2010-08-16;修订日期:2010-10-16;编辑:曹丽丽

基金项目:受山东省财政资金项目“鲁勘字[2007]56号”和“鲁勘字[2009]066号”联合资助。

作者简介:丁正江(1977—),男,安徽蒙城人,博士研究生,主要从事成矿理论与成矿预测研究、矿产勘查工作;E-mail:zhj_ding@yahoo.com.cn。

①山东省第三地质矿产勘查院,山东省烟台市烟台等5幅区域地质调查报告,2000年。

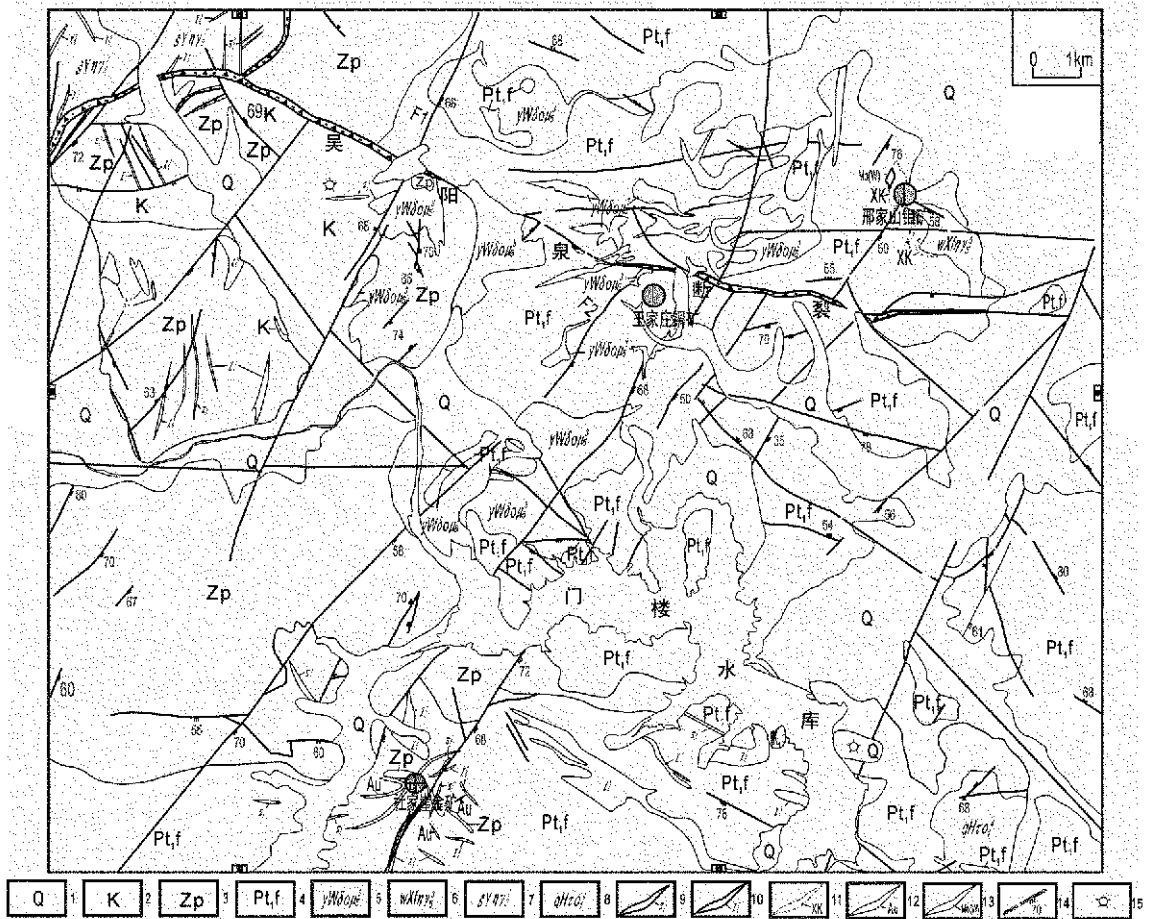


图1 福山北部地区地质简图

(据山东省烟台市福山区邢家山钼矿勘探报告,2009年修编)

1—第四系;2—白垩系;3—震旦纪蓬莱群;4—古元古代粉子山群;5—王家庄单元;6—西上寨单元;7—燕子乔单元;8—回龙乔单元;9—中酸性脉岩;10—中基性脉岩;11—砂卡岩化带;12—金矿体;13—钼(钨)矿体;14—断层及产状;15—古火山机构

主要赋存在幸福山斑状细粒二长花岗岩体与古元古代粉子山群张格庄组地层的内、外接触带中(图1)。矿体均受构造和地层双重控制,多呈似层状、透镜状平行排列,产状与地层基本一致,因膨缩变化大,常有切层现象(图2)。钼矿体规模大小不一,长200~2200 m,厚1.17~185.47 m。查明的钼矿体107个,矿体间距一般在10 m以内,矿体总厚度400余米。矿石类型包括透闪透辉石岩型(占74.5%)、石榴透辉矽卡岩型(占16.5%)、大理岩型、二云片岩型和斑状细粒二长花岗岩型5个类型。矿石主要呈自形一半自形粒状结构、填隙结构、交代残余结构、乳滴结构、碎裂结构等,呈浸染状、脉状、细脉状及条带状、角砾状和块状等构造。主要矿石矿物为辉钼矿、黑钨矿等。

2.2 王家庄式铜钴矿床

位于邢家山钼矿南西5 km、吴阳泉断裂带南侧(图1)。铜矿体主要赋存于粉子山群巨屯组二段石墨大理岩和岗嵒组一段透闪大理岩中,严格受地层层位控制(图3)。目前共圈定工业矿体40个,矿体产状与地层基本一致,倾角一般20°~40°,呈似层状、透镜状在矿化层中断续出现。矿体长几十至几百米,最长大于115 m;矿体厚度一般1~5 m,最厚大于30 m。矿石类型主要为硅化石墨大理岩型、透闪大理岩(透闪岩)型和蚀变闪长岩型,少量为云母片岩型、变粒岩型、石英脉型及伟晶岩型等。矿石结构包括自形—他形晶粒状结构、交代结构、压碎结构,主要呈块状、浸染状、条带状和角砾状等构造。矿石矿物主要有黄铜矿、铁闪锌矿、黄铁矿及少量磁黄铁矿、辉钼矿等。铜品位多在 $0.3 \times 10^{-2} \sim 1.3 \times 10^{-2}$ 之间,最高达 14.07×10^{-2} ;锌品位多在 $0.3 \times$

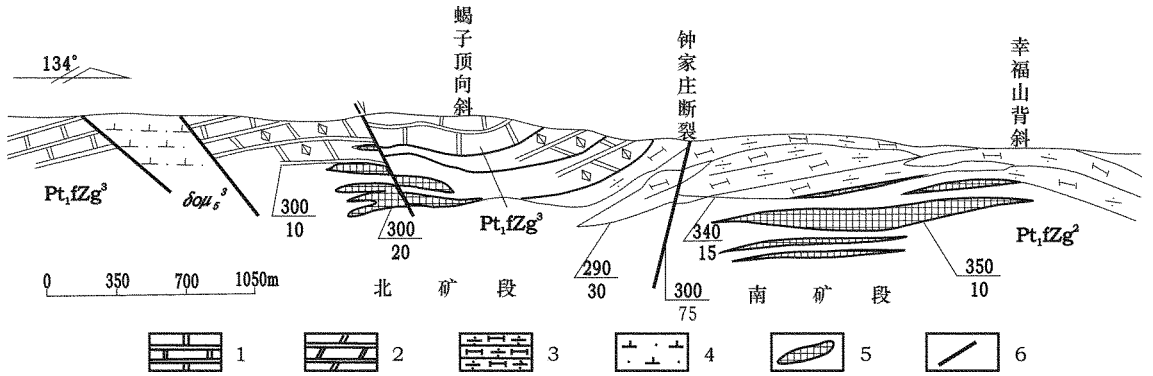


图2 邢家山铜矿钟家庄断裂一带地质剖面图

(据山东省烟台市福山区邢家山铜矿勘探报告,2009年修编)

粉子山群:Pt₁fZg³—张格庄组三段,Pt₁fZg²—张格庄组二段;delta mu₃—脉岩

1—大理岩;2—白云石大理岩;3—透闪透辉岩;4—石英闪长玢岩;5—矿体;6—断层

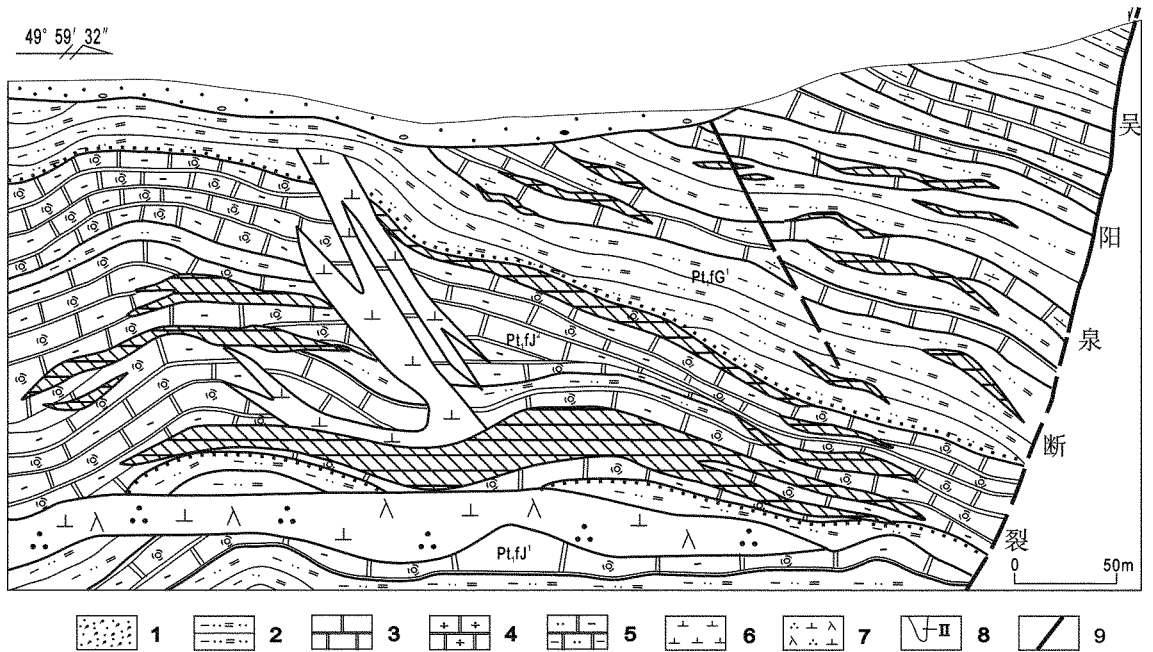


图3 王家庄铜矿18勘探线剖面示意图

(据山东省烟台市福山区王家庄铜矿普查报告,1987年修编)

粉子山群:Pt₁fG¹—岗嵒组一段;Pt₁fJ²—巨屯组二段;Pt₁fJ¹—巨屯组一段

1—第四系;2—二云片岩;3—大理岩;4—透闪大理岩;5—硅化石墨大理岩;6—蚀变闪长岩;

7—石英闪长玢岩;8—矿体及编号;9—断层

10⁻² ~ 1.5 × 10⁻²之间。另外伴生元素金、银、镉、硒和碲等也达到了综合利用指标。

2.3 杜家崖式金银矿床

位于研究区南部。矿区内共发现3条矿带计8个矿体,均产于粉子山群祝家夬组与张格庄组地层接触带上及蚀变构造破碎带中(图4)。矿体规模小到中等,形态为脉状、透镜状,多出露地表。矿体厚度一般为0.65~31.80 m,平均5.12 m。矿石类型包括碎裂状褐铁(黄铁)绢英岩化变粒岩型和碎裂

状蚀变大理岩型2种类型。矿石结构有自形—他形晶粒状结构、包含结构、交代残余结构和压碎结构等,呈块状、微细脉浸染状、星点浸染状、条带状、角砾状和胶状等构造。矿石矿物以黄铁矿为主,含少量方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等。矿石品位一般在2.0 × 10⁻⁶ ~ 5.0 × 10⁻⁶之间,平均3.83 × 10⁻⁶。三者成矿特征见表1。

3 成矿作用探讨

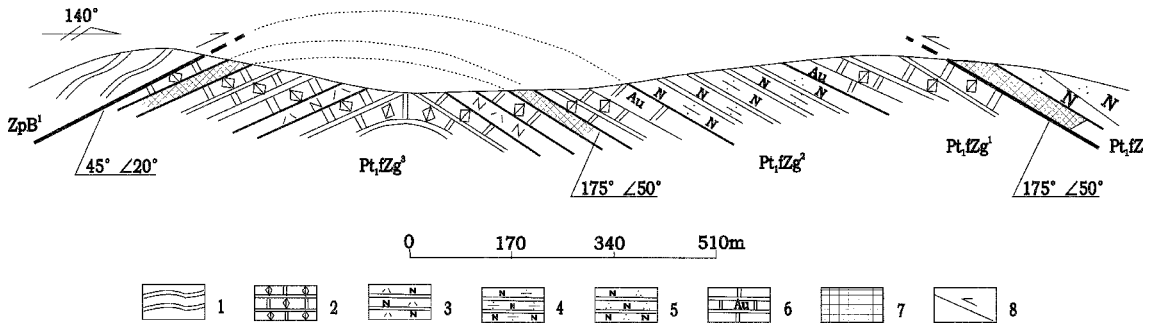


图 4 杜家崖金矿 II 号矿化带地质剖面图

(据山东省烟台市福山区杜家崖金矿详查报告, 1992 年修编)

蓬莱群: ZpB¹—豹山口组一段; 粉子山群: Pt₁Zg³—张格庄组三段; Pt₁Zg²—张格庄组二段;

Pt₁Zg¹—张格庄组一段; Pt₁Z—祝家乔组

1—千枚状板岩; 2—白云石大理岩; 3—斜长角闪岩; 4—斜长透闪岩; 5—长石石英岩;

6—金矿化大理岩; 7—金矿体; 8—层间断裂

表 1 福山北部地区矿床成矿系列特征

矿床	矿床成因	围岩岩性	控矿构造	岩浆岩	矿体特征	矿物组成	围岩蚀变	元素组合	成矿时代
邢家山式	矽卡岩—斑岩型	粉子山群张格庄组透闪透辉石岩为最多, 其次为白云石大理岩和石榴透辉矽卡岩	一系列形态复杂和复式和横跨褶皱及断裂构造	二长花岗斑岩、石英闪长玢岩等	似层状、透镜状, 受构造、地层双重控制	辉钼矿、磁黄铁矿、黄铁矿、白钨矿、黄铜矿; 透辉石、石英、方解石、透闪石、钾长石、白云石	矽卡岩化、硅化、钾化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化	Mo—(WO₃)	燕山晚期
王家庄式	中温热液脉型	粉子山群巨屯组二段石墨大理岩和岗嵒组一段透闪大理岩	主要为北部的近 EW 向吴阳泉断裂及次级褶皱、断裂构造	石英闪长玢岩为主	似层状、透镜状, 产状与地层产状一致	黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿、孔雀石、铜兰、辉铜矿、斑铜矿; 石英、透闪石、方解石	硅化、绢云母化、绿泥石化	Cu—(Zn)	燕山晚期
杜家崖式	中偏低温热液脉型	粉子山群祝家乔组和张格庄组各种变粒岩、大理岩及片岩	褶皱穹窿构造控制了矿带分布, 而层间滑脱带控制了矿体的形态及规模	石英闪长玢岩为主	脉状、透镜状, 受地层与构造联合控制	黄铁矿为主, 少量方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、自然金、自然银; 石英、绢云母为主, 次有石英、绿泥石、方解石、透闪石	硅化、绢云母化、钾长石化	Au—(Ag)	燕山晚期

3.1 成矿特征分析

综合研究区内成矿背景, 结合典型矿床特征 (表 1), 认为:

(1) 矿体受地层和构造联合控制。古元古代粉子山群地层金丰度值较高 (图 5), 且该地层中碳酸盐岩建造发育, 该套岩石性脆、易碎、渗透性好, 易产生层间滑脱拆离构造带和次级岩隆构造等, 是成矿极为有利的地段。

(2) 岩浆活动尤其石英闪长玢岩 (脉) 的活动, 是该区成矿不可或缺的因素之一。从区域相关矿床矿化富集规律上看, 矿化较好、品位较富地段矿体周围无不见石英闪长玢岩的影子^[6]。较早期岩体构造破

碎绢英岩化、硅化、绢云母化发育处或与碳酸盐岩接

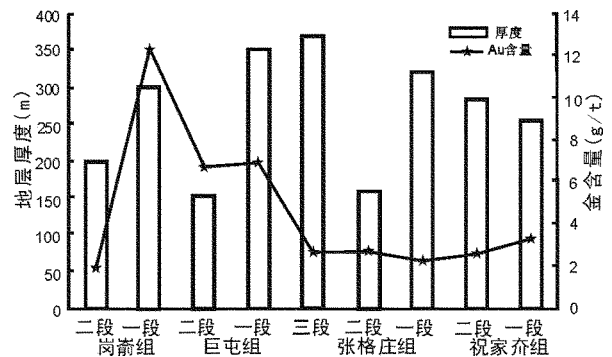


图 5 粉子山群各岩组 Au 元素含量变化图

触带矽卡岩化处出现工业矿体, 说明该区矿床的形成与岩浆活动的密切关系。

同时, 王家庄单元和与邢家山钼矿成因直接相关的西上寨单元石英正长岩在地质产状、岩石学、岩石化学、微量元素、稀土元素及副矿物等方面存在着

一致性^①。二者皆来自壳幔深处,其上升必定带来了大量的热和丰富的成矿物质、成矿流体。

(3)在成矿元素组合、矿床分布上,从区域成矿角度看,邢家山钨钼矿床—王家庄铜锌矿床—杜家崖金银矿床,空间上形成了由中心(邢家山)向外围(王家庄、杜家崖)弧形扩散、成矿温度逐渐由高温向低温过渡的特征,构成了一与中生代燕山晚期中酸性岩浆活动有关的金及多金属成矿系列,为中生代燕山晚期斑岩成矿系统在平面上的表现^[5,7]。

3.2 成矿作用及成矿模式

综合以上分析,结合国内外有关研究成果^[4,8-11],该区中生代以来的地壳演化及成矿作用过程可归纳如下:

中生代晚侏罗世—早白垩世,太平洋板块的俯冲引起中国东部及邻区地壳深部及上地幔的变动,造成上地幔横向上的不均一性,形成幔隆和幔凹。此时太平洋板块俯冲,在NW—SE向挤压作用下郯庐断裂发生大规模的左旋剪切运动,由于上地幔隆起的存在,使胶东地块与胶南地块沿郯庐断裂发生非同步向北运移。运移过程中不同的地块间拉开、断陷,进而发展成为不同规模的盆地,如胶莱盆地、臧家庄盆地、肖家屯—中桥盆地等,并接受中、晚侏罗世的沉积。早白垩世,整个胶东构造活动加强,盆地快速下陷,大范围接受莱阳群沉积。

随后,沿盆地中断裂火山熔岩喷发,形成了分布较广的青山群火山岩、火山碎屑岩。晚白垩世至古近纪,太平洋洋脊没入亚洲东部边缘岛弧之下,引起大陆NW—SE向伸展作用。在由挤压构造体系向伸展构造体系转变期间,区域应力骤然松弛,深大断裂进一步活动,引起大规模壳幔混熔岩浆沿张性断裂被动侵入,形成高位侵入体。构造岩浆等热事件的发生同时促使了该区内广泛的地下水循环系统的发育,也提供了大量的流体。岩浆热液(可能携带着大量成矿物质)及地下水热液(可能混有大气降水)沿着深大断裂及次级褶皱断裂构造迁移,从围岩中不断萃取成矿物质,在构造、物理地球化学条件适宜的地方(通常为褶皱翼部或轴部层间滑脱剥离间隙及碎裂隙、节理等,以及构造破碎带)聚集,沉淀富集形成由高温到低温的多金属系列矿床(图6)^[5]。同时,在肖家屯—中桥火山沉积盆地的边缘及盆地内可能形成与岩浆热液有关的浅成低温热液型多金属矿床(成矿条件可与矿区广泛分布安山岩

且成矿与岩浆热液有关的日本菱刈金矿床^[12]、黑龙江三道湾子金矿床^[13]相对比)。

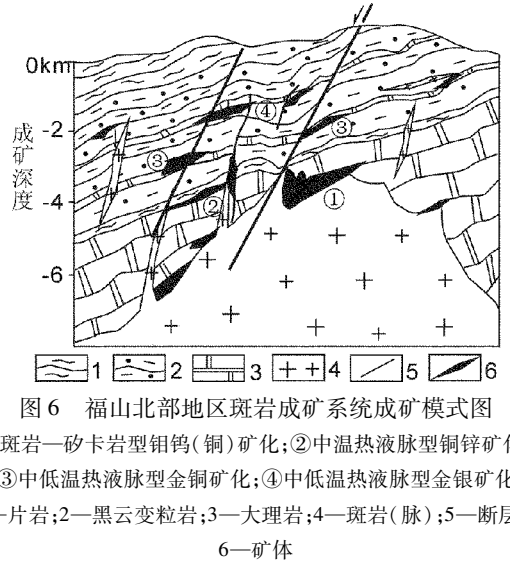


图6 福山北部地区斑岩成矿系统成矿模式图

- ①斑岩—矽卡岩型钨钼(铜)矿化;②中温热液脉型铜锌矿化;
③中低温热液脉型金铜矿化;④中低温热液脉型金银矿化
1—片岩;2—黑云变粒岩;3—大理岩;4—斑岩(脉);5—断层;
6—矿体

4 金及多金属找矿方向

研究区位于胶东地区栖霞(霞)—蓬莱(莱)—福(山)成矿带中,古元古代粉子山群地层出露广泛,构造发育,岩浆活动强烈,为金及多金属成矿提供了优越条件。而且该区剥蚀深度相对较小,保存条件好,找矿前景可观,该区找矿应注意以下几个方面:

(1)中低温热液脉型金、铜矿床:范围涉及区内粉子山群地层出露区,矿化有利位置为地层层间构造、褶皱两翼及岩体侵入接触带,成矿热液为大气降水(主要)混合岩浆水,成矿方式主要以充填为主,交代为辅。找矿标志为粉子山群各组之间层间滑脱面及层内构造滑脱带;石英闪长玢岩等脉岩发育的附近区域;地表岩石破碎或发育硅化、绢云母化、褐铁矿化;Au, Cu, Sb, Hg等组合化探高值异常区。

(2)矽卡岩型—斑岩型(金)铜钼矿床:主要涉及吴阳泉断裂以北、院下—肖家屯断裂以东地区深部。据区域资料,吴阳泉近EW向断裂构造以北地区发育隐伏岩体。该岩体总体呈近EW向展布,根据地表已出露的岩脉及小岩株推测,该隐伏岩体为雨山超单元中酸性岩体。该区地表石英闪长玢岩呈脉状穿插于巨屯组和岗嵒组地层之中,局部因地层产状较缓,抬升剥蚀后呈面状“漂浮”在地层之上。在该

① 山东省第三地质矿产勘查院,山东省烟台市烟台等5幅区域地质调查报告,2000年。

岩脉与透闪岩、各种大理岩接触带上是寻找矽卡岩型铜钼矿的重点地段。而该区下部隐伏大规模燕山晚期中酸性岩体,成矿条件与邢家山钼矿相似,具有矽卡岩-斑岩型矿床成矿条件,这应作为找矿的重点方向之一。

(3) 浅成低温热液型金矿床:肖家乔-中桥火山沉积盆地中发育一套燕山晚期的中基性火山岩,盆缘分别为吴阳泉断裂和院下-肖家乔断裂所控制,其内及盆缘潜火山岩发育,盆缘附近分布有粉子山群、蓬莱群地层,亦具有良好的成矿条件,故该区同时具有在古火山机构周围及盆缘断裂带、密集节理带中寻找与岩浆热液有关的相关矿床(汞气测量+大功率激电中梯剖面测量是寻找该类矿床的良好方法之一)^[14-16],以及受盆缘滑脱带控制的“蓬家乔式”^[4]或“西林式”矿床的潜力^[16]。

参考文献:

- [1] 王世进,张成基,宋明春,等. 山东省侵入岩岩石单位及其代号的厘定[J]. 山东地质,2002,18(1):9-20,31.
- [2] 王世进,王来明,万渝生,等. 鲁东地区侵入岩形成时代和期次划分——锆石 SHRIMP U-Pb 年龄的证据[J]. 山东国土资源,2009,25(12):8-20,25.
- [3] 翟裕生,姚书振,崔彬,等. 成矿系列研究[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1996:1-15.
- [4] 孙丰月,石准立,冯本智. 胶东金矿地质与幔源 C-H-O 流体

- 分异成岩成矿[M]. 长春:吉林人民出版社,1995:57-78.
- [5] 孙丰月,丁正江,刘殿浩,等. 初论胶东福山北部地区斑岩成矿系统[A]//2009 年全国岩石学与地球动力学研讨会论文集摘要集[C],2009:360.
- [6] 李士先,刘长春,安郁宏,等. 胶东金矿地质[M]. 北京:地质出版社,2007:59-101.
- [7] 翟裕生. 论成矿系统[J]. 地质前缘,1999,6(1):13-27.
- [8] 孙丰月. 胶东地区中生代区域构造演化与成矿[J]. 长春地质学院学报,1994,24(4):378-384,422.
- [9] 吴福元,孙德有. 中国东部中生代岩浆作用与岩石圈减薄[J]. 长春科技大学学报,1999,29(4):313-318.
- [10] 杨立强,王光杰,张中杰,等. 胶东金矿集中区岩石圈结构与深部成矿作用[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2000,25(4):421-427.
- [11] 徐贵忠,周瑞,闫臻,等. 论胶东地区中生代岩石圈减薄的证据及其动力学机制[J]. 大地构造与成矿学,2001,25(4):368-380.
- [12] 姚凤良,孙丰月. 矿床学教程[M]. 北京:地质出版社,2007:117-126.
- [13] 吕军,赵志丹,曹亚平,等. 黑龙江三道湾子金矿床地质特征及成因探讨[J]. 中国地质,2009,36(4):753-860.
- [14] 徐国民,韩惊涛. 山东海阳土堆金矿床地质特征[J]. 山东地质,1998,14(4):37-41.
- [15] 刘玉强. 胶东金矿成矿规律及新的找矿方向[J]. 山东地质,1999,15(2):24-31.
- [16] 丁正江,孙丰月,赵财胜,等. 山东胶莱盆地东北缘地区金矿成矿系列[J]. 矿床地质,2010,29(增刊):121-122.

Metallogenic Series of Gold and Polymetallic Deposits in North Fushan Area of Yantai City

DING Zhengjiang^{1,2}, SUN Fengyue¹, LIU Dianhao², ZHANG Pijian², YANG Guofu², KONG Yan²

(1. Earth Sciences College of Jilin University, Jilin Changchun 130061, China; 2 No. 3 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Yantai 264000, China)

Abstract: The northern part of Fushan area is located in northern Qi (xia) - Peng (lai) - Fu (shan) metallogenic belt, which is one of the three most famous metallogenic belts in east Shandong peninsula. Fenzishan group well developed in this area. Mesozoic magmatism activity was very strong, and folds and faults developed well, which formed an integrated hydrothermal metallogenic system. According to the study on typical deposits, such as Xingjiashan deposit (molybdenum and tungsten), Wangjiazhuang deposit (cooper and zinc) and Dujiaya deposit (gold), it was found that metals mineralization had a close relationship with the porphyry in later Yanshan period of Mesozoic. These deposits were arranged regularly according to ore-forming temperature from higher to lower, and formed a metallogenic series of gold and polymetallic deposits. As shown by the recent research, it is suggested that middle-lower temperature hydrothermal vein type, porphyry type and epithermal type of gold and polymetallic deposits should be the prospecting subjects in the area.

Key words: Gold deposit; polymetallic deposit; ore-forming series; prospecting direction; Jiaodong peninsula; Fushan area in Yantai city